



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES
TROPICALES**

TESIS

**“BIOMASA DE ESPECIES COMERCIALES EN UN BOSQUE DE COLINA BAJA
APLICANDO ECUACIONES ALOMÉTRICAS. JENARO HERRERA, LORETO,
PERÚ - 2023”**

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

PRESENTADO POR:

ERIKA JACQUELINE CHÁVEZ RAMÍREZ

ASESOR:

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 035-CTG-FCF-UNAP-2024

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 26 días del mes de junio del 2024, a horas 10:00 m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "BIOMASA DE ESPECIES COMERCIALES EN UN BOSQUE DE COLINA BAJA APLICANDO ECUACIONES ALOMÉTRICAS. JENARO HERRERA, LORETO, PERÚ - 2023", aprobado con R.D. N° 0399-2023-FCF-UNAP, presentado por la bachiller ERIKA JACQUELINE CHÁVEZ RAMÍREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0078-2024-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Jorge Elías Alvan Ruiz, Dr. : Presidente
Ing. Jorge Solignac Ruiz, M.Sc. : Miembro
Ing. Abel Yafet Benites Sánchez, M.Sc. : 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: aprobadas con la calificación de Buena

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

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


Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
Presidente


Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.
Miembro


Ing. ABEL YAFET BENITES SÁNCHEZ, M.Sc.
Miembro


Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA
DE BOSQUES TROPICALES**

TESIS

“Biomasa de especies comerciales en un bosque de colina baja aplicando
ecuaciones alométricas. Jenaro Herrera, Loreto, Perú - 2023”

MIEMBROS DEL JURADO


.....
Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
Presidente

REGISTRO CIP N° 28387


.....
Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.
Miembro

REGISTRO CIP N° 113740


.....
Ing. ABEL YAFET BENITES SÁNCHEZ, M.Sc.
Miembro

REGISTRO CIP N° 66049


.....
Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

REGISTRO CIP N° 45725

NOMBRE DEL TRABAJO

FCF_TESIS_CHAVEZ RAMIREZ.pdf

AUTOR

ERIKA JACQUELINE CHAVEZ RAMIREZ

RECUENTO DE PALABRAS

9511 Words

RECUENTO DE CARACTERES

46366 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

38 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

554.3KB

FECHA DE ENTREGA

Jul 14, 2024 7:37 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 14, 2024 7:37 PM GMT-5**● 24% de similitud general**

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

- 23% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 17% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

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

DEDICATORIA

Dedico sinceramente mi tesis a mis padres, sin los cuales no habría podido alcanzar mi éxito académico. A lo largo de mi vida, vuestra bendición diaria me ha protegido y me ha ayudado a realizar cambios positivos. Los adoro tanto que les ofrezco mi trabajo a cambio de vuestra tolerancia y amor paternal.

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar dando gracias a Dios Todopoderoso por mi excelente salud.

Aprovecho esta ocasión para agradecer sinceramente a todos los que han contribuido a hacer posible este momento. A mis profesores, que me han ayudado a desarrollarme personal y profesionalmente enseñándome y animándome. Gracias a mis compañeros de clase por ser mis amigos, hacerme compañía y compartir conmigo esta experiencia tan especial. Y a mis amigos y familiares, que siempre me han apoyado y querido sin condiciones.

Me siento muy orgullosa y satisfecha de mí misma después de graduarme en esta universidad. Estoy segura de que tengo lo que necesito para triunfar y estoy preparada para afrontar las nuevas dificultades que me esperan.

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 TABLAS	x
ÍNDICE DE GRAFICOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	6
1.3. Definición de términos básicos	10
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	12
2.1. Formulación de la hipótesis	12
2.2. Variables y su operacionalización	12
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño	13
3.2. Diseño muestral	13
3.3. Procedimientos de recolección de datos	13
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	13

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística	14
3.4.2. Número de árboles por estructura diamétrica y por especie	14
3.4.3. Correlación entre el DAP y la altura comercial de los árboles	14
• Prueba de normalidad	14
3.4.4. Altura promedio de los árboles	15
3.4.5. Modelo alométrico que mejor se ajusta para estimar la altura comercial	15
• Criterios para la selección del modelo alométrico	16
3.4.6. Cálculo de la biomasa	16
• Cálculo del volumen maderable comercial	17
3.5. Aspectos éticos	17
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	18
4.1. Composición florística	18
4.2. Número de árboles	19
4.3. Correlación entre el DAP y la altura comercial de los árboles	21
4.3.1. Prueba de normalidad	21
4.3.2. Correlación	23
4.4. Altura promedio de los árboles	24
4.5. Modelo alométrico con el mejor ajuste para estimar las alturas comerciales	25
4.6. Biomasa	27
4.6.1. Volumen	27
4.6.2. Estimación de la biomasa	29

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	31
5.1. Composición florística	31
5.2. Biomasa de las especies	32
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	35
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	36
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	37
ANEXOS	41
Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de colina baja del predio privado “El Aguajal”	42
Anexo 2. Constancia de identificación botánica de las especies forestales	43

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Distribución del número de especies de plantas por familia	18
2.	Número de árboles por clase diamétrica	20
3.	Prueba de normalidad del DAP y altura comercial	21
4.	Correlación entre el DAP y altura comercial de árboles	23
5.	Altura comercial promedio de los árboles	25
6.	Comparación de modelos alométricos para estimar la relación entre el DAP y la altura comercial de los árboles	26
7.	Volumen de madera por clase diamétrica y especie	28
8.	Distribución de la biomasa por especie y clase diamétrica	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
1.	Distribución del número de árboles por familia	18
2.	Distribución del número de árboles por hectárea	20
3.	Relación entre el DAP y altura comercial de árboles	22
4.	Dispersión del DAP y altura comercial	24
5.	Caja de bigote de la clase diamétrica y el volumen de árboles	30

RESUMEN

Este estudio utilizó ecuaciones alométricas para evaluar la biomasa de especies comerciales en un bosque de colina baja en la zona de Jenaro Herrera, Loreto, Perú. Se evaluaron datos del censo forestal de especies comerciales de la propiedad privada "El Aguajal". Seis grupos botánicos y ocho especies forestales comerciales componen la mezcla florística; se observaron 64 árboles en total. Hay 3,94 árboles por hectárea. *Macrobium angustifolium* (0,92) y *Allantoma decandra* (1,05 árboles/ha) son los que tienen más árboles. La correlación entre el DAP y la altura comercial es de -0,167. Existe una relación regular y negativa. Tras ajustar el modelo alométrico cuadrático ($Y = 33,326 + (0,569 * DAP) + (0,004 * DAP^2)$) a la asociación entre el DAP y la altura comercial, se obtuvieron $r = 0,942$ y $R^2 = 0,888$. La biomasa seca total de las especies forestales comerciales es de 26262,68 kg/ha. *Allantoma decandra* tiene la mayor biomasa con 5866,31 kg/ha, seguida de *Macrobium angustifolium* con 3969,54 kg/ha.

Palabras clave: Biomasa, especies comerciales, bosque, colina baja, ecuaciones alométricas, Jenaro Herrera.

ABSTRACT

This study used allometric equations to evaluate the biomass of commercial species in a low hill forest in the area of Jenaro Herrera, Loreto, Peru. Data from the forest census of commercial species from the private property "El Aguajal" were evaluated. Six botanical groups and eight commercial forest species make up the floristic mix; a total of 64 trees were observed. There are 3.94 trees per hectare. *Macrolobium angustifolium* (0,92) and *Allantoma decandra* (1,05 trees/ha) have the most trees. The correlation between DBH and commercial height is -0,167. There is a regular and negative relationship. After fitting the quadratic allometric model ($Y = 33,326 + (0,569 * DBH) + (0,004 * DBH^2)$) to the association between DBH and commercial height, $r = 0,942$ and $R^2 = 0,888$ were obtained. The total dry biomass of commercial forest species is 26 262,68 kg/ha. *Allantoma decandra* has the highest biomass with 5866,31 kg/ha, followed by *Macrolobium angustifolium* with 3969,54 kg/ha.

Keywords: Biomass, commercial species, forest, low hill, allometric equations, Jenaro Herrera.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales albergan considerables reservas de biomasa y desempeñan un papel crucial en el ciclo global del carbono, dependiendo del grado de su explotación. Sin embargo, existe escasa información acerca de la distribución precisa de estos recursos y los elementos ambientales que inciden en su composición biomásica (Malhi *et al.* 2006, como se citó en Sánchez, 2016, pp. 5, 6).

La biomasa forestal ha captado interés como objeto de estudio debido a su influencia en el ciclo global del carbono, su utilidad como recurso industrial y energético, así como por sus implicaciones medioambientales (Merino *et al.* 2003, como se citó en Sánchez, 2016, p. 6).

Además, la biomasa forestal permite calcular la cantidad de carbono presente en la vegetación, facilitando así estimaciones sobre las emisiones de CO₂ asociadas a la deforestación y la quema de bosques. Por último, posibilita la comparación de las estructuras y funciones de diferentes ecosistemas forestales (Álvarez 2008, Vidal *et al.* 2003).

La ausencia de un método o modelo alométrico adecuado para estimar con precisión la altura comercial de los árboles en un bosque natural representa uno de los principales desafíos al intentar calcular el volumen comercial y la biomasa de los árboles en pie. Este factor es crucial para evaluar la productividad y el rendimiento de una zona en términos de volumen de madera y biomasa, siendo fundamental para la evaluación económica de un área forestal (Figuroa, 2018, p. xiv).

La medición de la altura de los árboles es más costosa y difícil que la medición del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Es más práctico y rentable tomar una

muestra de árboles, medir tanto su altura como su DAP, establecer una relación ajustada entre estas variables y luego estimar la altura de cualquier árbol en el bosque a partir de su DAP. Existe una estrecha relación entre la altura del árbol y el diámetro del tronco, si bien esta relación puede variar entre bosques dependiendo de la calidad del sitio y otros factores como el manejo forestal (Cancino, 2012, p. 33).

La altura es posiblemente uno de los parámetros menos investigados o comprendidos y, al mismo tiempo, uno de los más difíciles de medir o evaluar en los inventarios forestales. A diferencia del diámetro, que puede medirse directamente, la altura generalmente requiere métodos indirectos, como estimaciones visuales o el uso de herramientas, lo que conlleva a menudo a una menor precisión en las mediciones (Malleux, 1982 como se citó en Masías, 2017, p. 12).

El propósito principal de esta investigación fue emplear ecuaciones alométricas para estimar la biomasa de especies comerciales en un bosque de colina baja en Loreto, Perú, durante el año 2023.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el año 2022, se llevó a cabo un estudio cuantitativo no experimental y descriptivo en el bosque de terraza baja del distrito de Morona. Los resultados indican que la biomasa total fue de 5,755,014.77 kg, con una biomasa promedio de 5,450.24 kg/ha. La especie con la mayor biomasa fue *Ceiba pentandra* con 1,397.66 kg/ha, seguida por *Parkia multijuga* con 882,57 kg/ha, *Otoba glydicarpa* con 817,35 kg/ha, y *Cedrelinga cateniformis* con 771,49 kg/ha. En contraste, *Simarouba amara*, *Vochysia vismiifolia* y *Ormosia amazonica* mostraron biomasa más baja, con 32,58 kg/ha, 29,38 kg/ha y 28,20 kg/ha respectivamente (Reátegui, 2022, p. 24).

En el año 2021, se llevó a cabo un estudio cuantitativo, no experimental y descriptivo en el bosque de colina baja del distrito de Indiana/Las Amazonas. Los resultados revelan que las 19 especies más prominentes acumularon una biomasa total de 24,895.92 kg/ha, alcanzando un total de 47 302,240.25 kg para el área estudiada. *Eschweilera coriacea* destacó con la mayor biomasa por hectárea, registrando 2,788.77 kg/ha, seguida por *Otoba* sp. con 2,311.48 kg/ha y *Virola calophylla* con 1,940.95 kg/ha. En contraste, *Tachigali* sp. (452.32 kg/ha), *Matisia dolichopoda* (463.59 kg/ha) y *Buchenavia grandis* (494.19 kg/ha) mostraron la biomasa más baja. Las clases diamétricas entre 60 cm y 69 cm (5,133.56 kg/ha), 70 cm y 79 cm (4,749.30 kg/ha) y 80 cm y 89 cm (3,495 kg/ha) exhibieron los valores más altos de biomasa. Por otro lado, las clases diamétricas de 140 cm a 149 cm (255.89 kg/ha) y de 130 cm a 139 cm (845.84 kg/ha) presentaron los valores más bajos de biomasa (Murrieta, 2021, pp. 23, 24).

En el año 2021 se llevó a cabo un estudio cuantitativo, no experimental y descriptivo en el bosque bajo de colina del distrito de Pebas. Según los resultados obtenidos, la biomasa total del área fue de 28,141,208.61 kg, equivalente a 30,113.65 kg por hectárea. Entre las 35 especies con mayor biomasa, se acumuló un total de 26,855,950.77 kg, con una media de 28,738.31 kg por hectárea. Por otro lado, las 19 especies con menor biomasa contribuyeron con 1,285,257.85 kg, es decir, 1,375.34 kg por hectárea en promedio. *Vochysia vismiifolia* destacó con la biomasa más alta, alcanzando 4,299.28 kg/ha. Le siguieron *Bertholletia excelsa* con 2,702.80 kg/ha, *Eschweilera coriácea* con 2,161.57 kg/ha y *Parkia nitida* con 1,960.66 kg/ha. Las restantes 31 especies acumularon una biomasa de 17,613.99 kg/ha en conjunto, siendo la mayor contribución en el estudio. Entre las especies con menor biomasa, se encuentran *Clarisia racemosa* con 158.40 kg/ha, *Couepia chrysocalyx* con 169.93 kg/ha y *Caraipa grandifolia* con 173.68 kg/ha (Talexio, 2021, p. 24).

En el año 2023 se llevó a cabo un estudio cuantitativo, no experimental y descriptivo en el bosque de colina baja del distrito de Punchana. Según los resultados obtenidos, la biomasa total del área fue de 364,498.75 kg, con un promedio de 22,499.92 kg por hectárea. Entre las especies estudiadas, *Vochysia vismiifolia* destacó con la mayor biomasa, alcanzando 2,546.21 kg/ha, seguida por *Eschweilera bracteosa* con 2,506.70 kg/ha, *Parkia multijuga* con 1,981.35 kg/ha y *Ecclinusa lanceolata* con 1,928.71 kg/ha. En contraste, *Caryocar microcarpum*, *Ceiba samauma*, *Clarisia racemosa* y *Brosimum utile* mostraron menor biomasa, con 1,020.47 kg/ha, 1,038.73 kg/ha, 1,032.86 kg/ha y 599.99 kg/ha respectivamente (Freire, 2023, p. 22).

En el año 2019 se llevó a cabo un estudio descriptivo y correlacional a nivel básico en el Arboretum El Huayo, centrado en árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm. Según los resultados obtenidos, se encontró que el modelo alométrico potencia mostró el coeficiente de determinación más alto, con $R^2=0.81$. Los modelos de curvas también demostraron buen ajuste, con R^2 variando entre 0.66 y 0.75, siendo el modelo cúbico, logarítmico, inverso, cuadrático y lineal los siguientes en precisión después del modelo potencia. El modelo alométrico potencia ($HT= 9.744 DAP^{0.231}$) fue identificado como el que mejor se ajusta, proporcionando una relación robusta entre la altura (HT) y el diámetro del árbol a la altura del pecho (DAP) (Rivas, 2019, pp. 27, 28).

Llerena (1984), como se citó en Figueroa (2018, pp. 11, 12), ha desarrollado una ecuación de tipo parabólico que describe la relación entre el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y la altura comercial en los bosques tropicales de Perú. La ecuación se expresa como $Y=a+bx+cx^2$. Y representa la altura comercial (longitud desde el punto de corte hasta el punto de copa), X es el DAP, y a, b, y c son constantes. Este modelo proporciona una herramienta útil para comprender y estimar cómo varía la altura de los árboles en relación con su diámetro en estos ecosistemas forestales.

En el año 2017, en el distrito de Alto Nanay, se llevó a cabo una investigación de tipo descriptivo y nivel básico que seleccionó todos los árboles con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) de al menos 40 cm como la población de estudio. Según el estudio realizado por Rocha (2017, pp. 26, 27), se encontró que el modelo potencia presenta el coeficiente de correlación más alto ($r=0,288$) y el coeficiente de determinación más elevado ($R^2=0,083$). Este modelo potencia se ajusta mejor a

la relación entre el DAP y la altura comercial de los árboles de las especies más comunes observadas en el bosque de colina baja.

En el año 2014, se realizó un análisis descriptivo correlacional en Alto Nanay que incluyó todas las especies forestales con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm en la población de estudio. Según los resultados obtenidos, se encontró que el modelo cúbico para terraza baja ($Y = 4.518 + 0.213t + 0.051t^2 - 0.001t^3$, $r=0,67$, $R^2=0,47$) y los modelos exponenciales para colina baja ($Y = 136.126 \times \exp(-0.054t)$, $r=0,77$, $R^2=0,59$) y colina alta ($Y = 36.231 \times \exp(-0.045t)$, $r=0,83$, $R^2=0,68$) son los que mejor describen las relaciones en los tres tipos de bosque de la zona de estudio. Estos modelos permiten entender cómo varían las relaciones entre la altura de los árboles (Y) y el DAP (t) en los diferentes tipos de bosque de Alto Nanay, proporcionando herramientas útiles para estudios y gestión forestal en la región (Reynafarje, 2014, pp. 31, 43, 44).

1.2. Bases teóricas

El ser humano busca una fuente de energía alternativa para satisfacer las crecientes demandas energéticas, motivado por la alta dependencia de combustibles fósiles en la actualidad. Entre las alternativas se encuentran las Energías Renovables, y una de las más destacadas es la biomasa. La biomasa se refiere a cualquier material orgánico renovable, proveniente de plantas, animales o de procesos naturales o intencionados. Esta definición abarca el uso de residuos agrícolas y procesos de desecho como fuentes potenciales de energía (Toscano, 2009, pp. 4, 5).

Además de emplear modelos alométricos para estimar la biomasa de los árboles, existen otras metodologías. Comúnmente, el volumen comercial o total se

determina mediante inventarios forestales. Para convertir este volumen en biomasa, es necesario conocer la densidad básica de la madera, ya que esta permite la conversión de volúmenes húmedos en biomasa (Álvarez, 2008, p. 22).

El sol juega un papel crucial en el desarrollo de las plantas. La biomasa se refiere a la materia orgánica que constituye a las plantas y que almacena energía solar a corto plazo, principalmente a través del proceso de fotosíntesis que se basa en el carbono. Este ciclo natural del carbono involucra la transferencia de carbono entre la atmósfera y la tierra, donde la biomasa de las plantas desempeña un papel fundamental (Quiñe, 2009, p.18).

La biomasa en un ecosistema forestal se refiere al peso de la materia orgánica presente tanto encima como debajo del suelo. Esta biomasa es el resultado del proceso fotosintético, donde las plantas utilizan la energía solar para obtener nutrientes del medio ambiente. La medición típica de la biomasa se realiza en toneladas por hectárea, considerando tanto el peso seco como el peso verde de la materia orgánica (Donald, 2005, como se citó en Pesantez, 2015, p. 20).

La cantidad de biomasa presente en un bosque determinado puede ser utilizada para estimar cuánto carbono almacena o fija dicho bosque, convirtiendo así a la biomasa en un componente fundamental en los estudios sobre el secuestro de carbono. La biomasa total sirve como un indicador clave de la estructura del bosque, ya que está principalmente influenciada por la edad de la masa forestal (Pesantez, 2015, p. 21).

En términos porcentuales, el fuste del árbol, que representa entre el 55% y el 77% del total, acumula la mayor parte de la biomasa aérea, seguido de las ramas, que comprenden entre el 5% y el 37%. Las hojas y la corteza contribuyen entre el 1%

y el 15% y entre el 5% y el 16%, respectivamente, dependiendo de factores como la especie, la edad del árbol, la ubicación geográfica, las prácticas silvícolas y otros aspectos que influyen en el desarrollo volumétrico de los árboles. Estas variaciones significativas en la contribución porcentual de cada componente (tallo, corteza, ramas, hojas y raíces) a la biomasa total de un árbol reflejan la diversidad y complejidad de los ecosistemas forestales (Ordoñez, 2001 como se citó en Chacón, 2020, p. 8).

El crecimiento del tronco de un árbol, tanto en altura como en diámetro, está influenciado por múltiples factores. Por ejemplo, se ha observado que dentro de una misma especie, los árboles que crecen en matorrales experimentan un crecimiento significativamente diferente a aquellos que crecen de forma aislada. Además, la forma de un árbol puede variar según la estación del año, factores genéticos y otras variables ambientales. Estas diferencias subrayan la complejidad de los procesos de crecimiento y desarrollo de los árboles, que son fundamentales para entender la dinámica de los ecosistemas forestales (Diéguez *et al.*, 2003 como se citó en Figueroa, 2018, p. 6).

Las relaciones alométricas se refieren a las diversas relaciones entre variables evaluadas en un árbol. Una correlación comúnmente empleada en la ciencia forestal es la que existe entre la altura total del árbol y el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). En términos generales, se observa que la altura total del árbol tiende a aumentar a medida que aumenta el DAP. Una curva asintótica es una forma efectiva de describir esta relación altura-DAP. En una curva asintótica, la altura del árbol tiende a estabilizarse o alcanzar un valor máximo a medida que el DAP aumenta, lo cual refleja cómo los árboles crecen inicialmente rápidamente en altura

cuando son jóvenes y delgados, pero el crecimiento en altura se ralentiza a medida que envejecen y se vuelven más gruesos en el tronco. Este tipo de relación es crucial para entender el desarrollo y la estructura de los árboles en los estudios forestales y la gestión de recursos naturales (Cancino, 2012, p. 34).

La altura es la segunda característica más medida en los árboles después del DAP (Diámetro a la Altura del Pecho). Es una variable fundamental utilizada para describir un rodal forestal, calcular el volumen de madera o evaluar la calidad del sitio. Además, se emplea para clasificar los árboles según su altura. El término "fuste" se refiere a la porción principal y recta del tronco de un árbol, excluyendo las ramas y el follaje. Dentro del fuste del árbol, se distinguen varias longitudes importantes. La longitud comercial, por ejemplo, es la distancia desde el tocón hasta la parte final utilizable del tronco, donde se ubica el diámetro comercial (Cancino, 2012, p. 27).

En el caso de árboles más viejos y con copas densas, la estimación de la altura puede volverse complicada y propensa a errores de medición. Esto se debe a que existe una relación no lineal entre la altura del árbol y el diámetro a la altura del pecho (DAP) en lugares con condiciones de sitio similares. La calidad del sitio forestal y la densidad del rodal son factores críticos que influyen en estas interacciones. Las copas densas y el envejecimiento del árbol pueden dificultar la medición directa de la altura, ya que las ramas superiores pueden estar fuera del alcance visual o físico del medidor. Además, la relación no lineal entre la altura y el DAP significa que diferentes árboles pueden tener alturas similares pero diferentes diámetros, dependiendo de las condiciones del sitio donde crecen. Por lo tanto, es crucial considerar estos factores al realizar estimaciones precisas de la altura de

los árboles en estudios forestales y gestión de recursos naturales (Prodan *et al.*, 1997 como se citó en Figueroa, 2018, p. 11).

1.3. Definición de términos básicos

Altura comercial.- La distancia entre el nivel del suelo y el punto terminal de la última rama aceptable del árbol se conoce como la altura de la copa o la altura de la rama terminal. Esta medida es importante en la silvicultura y en la gestión forestal, ya que proporciona información sobre la estructura y la calidad del árbol (Masías, 2017, p. 12).

Biomasa.- Cuando se mide en términos de peso seco, masa o volumen, se está haciendo referencia a la cantidad total de materia orgánica viva que estuvo presente en un ecosistema durante un período específico de tiempo. Esta medida incluye toda la biomasa de las plantas, animales y microorganismos que forman parte del ecosistema en cuestión. La biomasa se utiliza para estimar la productividad primaria de un ecosistema y es crucial para entender los flujos de energía y nutrientes dentro de dicho ecosistema (Guerra; 2001 como se citó en Luza, 2014, p. 46).

Bosque de colina baja.- Crece en una región montañosa con una configuración ondulada, donde el relieve topográfico muestra pendientes prominentes que varían entre el 15% y el 35% (Fondo Nacional para Áreas Naturales Protegidas por el Estado [PROFONANPE], 2007, p. 37).

Bosque: Se refiere a un ecosistema predominantemente arbóreo con una cobertura mínima del 10% en la proyección de las copas de los árboles sobre la superficie del suelo. Los árboles son de consistencia leñosa, y en el contexto de la selva amazónica, se requiere que estos árboles tengan una altura mínima de 5 metros. Además, estos ecosistemas deben abarcar áreas mayores de 0,5

hectáreas y tener una anchura mínima de 20 metros para ser considerados como tal (FAO, 1996, como se citó en Zarate, 2021, p. 19).

Diámetro a la altura del pecho (DAP).- El diámetro del fuste del árbol medido a 1,30 metros del suelo se conoce como Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Este es un estándar comúnmente utilizado en la silvicultura y la ecología forestal para estandarizar las mediciones del diámetro de los árboles (Reynaga, 2013 como se citó en Figueroa, 2018, p. 20).

Especies: Un conjunto de elementos semejantes entre sí por compartir uno o varios caracteres comunes se denomina "grupo" o "conjunto homogéneo". Esto implica que los elementos dentro de este conjunto comparten características o propiedades específicas que los hacen similares entre sí (Rae y Asale, 2010, p.1).

Modelo alométrico.- Las fórmulas matemáticas que permiten realizar estimaciones basadas en unos pocos factores claramente medibles, como la altura comercial o el diámetro a la altura del pecho (DAP), son conocidas como ecuaciones alométricas. Estas ecuaciones establecen relaciones matemáticas entre diferentes variables biométricas de los árboles, lo que permite estimar otras variables de interés, como la biomasa, el volumen o la altura total, a partir de mediciones relativamente simples como el DAP o la altura comercial (Loetsch, *et ál.*; 1973, Caillez, 1980, Husch, *et ál.*; 1982, Parresol, 1999, como se citó en Segura y Andrade, 2008, p. 90).

Relación o asociación.- Medida estadística que indica la relación entre dos variables, mostrando si aumentan o disminuyen juntas (correlación positiva/negativa) o no muestran relación (correlación nula) (Beiguelman, 1994, como se citó en Vela, 2019, p. 12).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

El modelo alométrico lineal para altura comercial permite estimar la biomasa de especies comerciales en un bosque de colina baja aplicando ecuaciones alométricas. Jenaro Herrera, Loreto, Perú – 2023.

2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición conceptual	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
Independiente					
Bosque: colina baja	Bosque de paisaje colinoso con pendientes pronunciadas y complejas entre 15% a 35% y ondulaciones en su configuración.	Cualitativa	Composición florística	Nominal	Ficha de registro de base de datos.
Modelo alométrico	Fórmulas matemáticas que permiten realizar estimaciones basadas en unos pocos factores claramente medibles, como la altura comercial o el DAP.		- Fórmula matemática	Razón	Formato de registro de información de altura total por especie y DAP
Dependiente					
Biomasa	Se refiere a la cantidad total de materia viva que estuvo presente en un ecosistema a lo largo de un periodo de tiempo específico	Cuantitativa	Kilogramos	Razón	Formato de registro de información dasométrica y biomasa de los individuos arbóreos de las especies forestales comerciales.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

La investigación tiene un enfoque descriptivo, cuantitativo, cualitativo y correlacional. El diseño es no experimental y de nivel básico.

El estudio se realizó en el bosque de colina baja de la propiedad privada El Aguajal, que abarca aproximadamente 16,24 hectáreas. El área de estudio está delimitada por las siguientes coordenadas UTM: V1 (9451833 N y 650109 E), V2 (9451090 N y 650854 E), V3 (9451019 N y 650821 E), V4 (9450954 N y 650771 E), V5 (9451683 N y 650040 E), V6 (9451782 N y 650085 E). Políticamente, se encuentra dentro del Distrito de Jenaro Herrera, Provincia de Requena, Región Loreto (Anexo 2).

3.2. Diseño muestral

Todos los árboles de especies comercialmente viables con un DAP igual o mayor al diámetro mínimo de corta presentes en el bosque de colina baja de la propiedad privada El Aguajal fueron incluidos en la población de investigación. Dado que se realizó un censo completo, la muestra fue igual a la población.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Se llevó a cabo un censo forestal para recolectar datos de campo, los cuales se registraron en un formulario de recopilación de datos que incluía el nombre de la especie, el DAP, la altura comercial, las coordenadas UTM y algunas observaciones (Anexo 3).

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Para el método y el análisis de datos, se utilizó la información obtenida del censo forestal realizado en 2022 en el bosque de estudio. Cada árbol individual y especie fue registrado utilizando el formato de recopilación de datos proporcionado en el Anexo 4.

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística

El Herbarium Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana verificó y determinó la composición florística a nivel de nombre común, nombre científico y familia de las especies forestales comerciales registradas en el censo forestal.

3.4.2. Número de árboles por clase diamétrica y por especie

La base para la clasificación fue el diámetro a la altura del pecho (DAP). Se estableció un intervalo de clase de 10 cm para facilitar las comparaciones con los resultados de otros trabajos, conforme a las normas internacionales de normalización (Cardenas, 1986, como se citó en Moreno, 2015, pp. 26, 27).

3.4.3. Correlación entre el DAP y la altura comercial de los árboles

Para tal efecto se determinó inicialmente la:

- **Prueba de normalidad**

Basándose en el DAP y la altura comercial de los árboles del bosque de colina baja, se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos. La hipótesis aplicada es la siguiente:

Hipótesis nula (H₀):	La variable aleatoria SI tiene distribución normal	$p\text{-valor} > 0,05$
Hipótesis alterna (H₁):	La variable aleatoria NO tiene distribución normal	$p\text{-valor} < 0,05$

Dado que los resultados de la prueba indicaron que los datos no siguen una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica conocida como coeficiente de correlación de Spearman (Rho). En esta prueba, se correlacionaron las alturas comerciales observadas (Y) y los diámetros a la altura del pecho (DAP) (X) en un eje de coordenadas (Rosas y Zuiga, 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

El grado de asociación entre las dos variables se evaluará mediante 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

Para su determinación, se consideraron las alturas comerciales de todos los árboles registrados en el censo forestal, con un DAP igual o superior al diámetro mínimo de corte establecido.

3.4.5. Modelo alométrico que mejor se ajusta para estimar la altura comercial

Los datos fueron procesados utilizando el programa informático SPSS. Después de establecer la distribución de frecuencias por clase diamétrica, se representaron en un eje de coordenadas el diámetro normal (X) y las frecuencias de la altura comercial media observada por clase diamétrica (Y). Se pueden utilizar el coeficiente de correlación (r), el coeficiente de determinación (R²), el error estándar estimado (SEE) y la distribución de residuos óptima para realizar pruebas estadísticas debido a esta correlación.

Se evaluarán 11 modelos alométricos distribuidos en: un modelo lineal y 10 modelos no lineales o curvilíneos:

N°	Modelos alométricos	Ecuaciones
1	Lineal	$h = b_0 + (b_1 \times d)$
2	Logarítmica	$h = b_0 + (b_1 \times \text{Ln}(d))$
3	Inversa	$h = b_0 + (b_1 / d)$
4	Cuadrática	$h = b_0 + (b_1 \times d) + (b_2 \times d^2)$
5	Cúbica	$h = b_0 + (b_1 \times d) + (b_2 \times d^2) + (b_3 \times d^3)$
6	Compuesta	$h = b_0 \times (b_1^d)$
7	Potencia	$h = b_0 \times (d^{b_1})$
8	s-Curva	$h = e^{(b_0 \times (b_1 / d))}$
9	Crecimiento	$h = e^{(b_0 \times (b_1 \times d))}$
10	Exponencial	$h = b_0 \times (e^{(b_1 \times d)})$
11	Logística	$h = 1 / (1/\mu + b_0 \times (b_1^d))$

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

A continuación, se presentan los criterios de selección del modelo alométrico que más se ajustó a la estimación de la biomasa aérea por árbol individual: (Santos, 1996; Higuchi *et al.*, 1998, como se citó en Espíritu, 2016, p. 28).

- Mayor coeficiente de determinación (R^2)
- Menor error estándar estimado (SEE)
- Mejor distribución de residuos
- Menor dificultad para la estimación

3.4.6. Cálculo de la biomasa

Se calculó la biomasa aérea actual de las especies arbóreas en el bosque de colina baja utilizando las siguientes fórmulas:

$$Bsa = Vc * DB * FEB$$

Dónde: Bsa = biomasa seca aérea (kg) (Dauber *et al.*, 2008, p. 9); DB = densidad básica de la madera (kg/m³) (Zane, *et al.*, 2009); FEB= factor de expansión de biomasa (2,25) (Dauber, *et al.*, 2008, p. 9)

- **Cálculo del volumen maderable comercial**

Para estimar el volumen de la madera de cada árbol, se empleó la altura comercial, el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y un coeficiente de forma de 0,7. Para calcular el área basal inicialmente, se utilizó la siguiente expresión: (2015) (MINAN, p. 34).

$$AB = 0,7854 * (DAP)^2$$

$$Vc = AB * Hc * Ff$$

AB = área basal (m²); DAP = diámetro a la altura del pecho (m); Vc = volumen comercial del árbol (m); Hc = altura comercial (m); Ff = factor de forma (0,7).

3.5. Aspectos éticos

Durante esta investigación, se observaron los cuatro principios éticos clave: autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia. Se ofreció la posibilidad de solicitar cualquier información relacionada con el estudio, y se garantizó el anonimato de todos los participantes, quienes participaron de manera completamente voluntaria.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Composición florística

En el censo forestal se registraron un total de 64 árboles distribuidos en 8 especies, pertenecientes a 8 géneros y 6 familias botánicas. Según la tabla 1, la familia Fabaceae destaca con tres especies y un total de veintitrés árboles, lo que representa la mayor cantidad tanto en número de especies como en número de árboles. En contraste, las demás familias botánicas presentan únicamente una especie cada una.

Tabla 1. Distribución del número de especies de plantas por familia

N°	Especie		Familia	N° de árboles
	Nombre común	Nombre científico		
1	Azucar huayo	<i>Macrobium angustifolium</i>	FABACEAE	15
2	Huayruro	<i>Ormosia nobilis</i>	FABACEAE	4
3	Palta moena	<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	LAURACEAE	4
4	Papelillo	<i>Allantoma decandra</i>	LECYTHIDACEAE	17
5	Quillobordon	<i>Aspidosperma schultesii</i>	APOCYNACEAE	4
6	Quinilla	<i>Pouteria hispida</i>	SAPOTACEAE	7
7	Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	FABACEAE	4
8	Yacushapana	<i>Buchenavia macrophylla</i>	COMBRETACEAE	9
Total				64

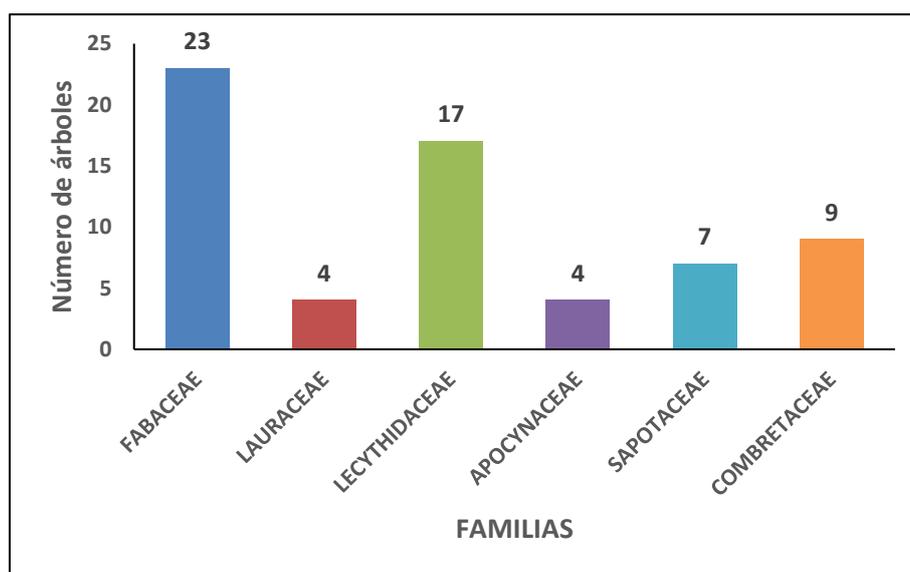


Gráfico 1. Distribución del número de árboles por familia

Macrolobium angustifolium fue observada con 15 árboles, mientras que *Allantoma decandra* se registró con 17 árboles, siendo las especies con mayor número de individuos en el censo. Por otro lado, *Ormosia nobilis*, *Caryodaphnopsis inaequalis*, *Aspidosperma schultesii* y *Cedrelinga cateniformis* fueron registradas con cuatro árboles cada una, representando el menor número de individuos observados dentro del estudio.

El gráfico 1 muestra la distribución de especies arbóreas entre los ocho grupos botánicos. La familia Fabaceae destaca con veintitrés árboles, indicando su significancia en la región. Además, los grupos Sapotaceae y Lecythidaceae también son relevantes por incluir especies utilizadas tanto para la producción de madera como para frutos comestibles.

4.2. Número de árboles

La tabla 2 proporciona datos cruciales sobre la distribución de 64 árboles por hectárea (Equivalente a 3,94) según diferentes especies y clases de diámetro. Este conocimiento puede ser fundamental para evaluar la salud del bosque, conservar la biodiversidad y promover una gestión forestal sostenible.

Allantoma decandra presenta el mayor número total de árboles por hectárea, con 1,05, seguida por *Macrolobium angustifolium* con 0,92 árboles. En contraste, las especies con el menor número total de árboles por hectárea, registrando 0,25 árboles cada una, son *Aspidosperma schultesii*, *Caryodaphnopsis inaequalis*, *Cedrelinga cateniformis* y *Ormosia nobilis*.

La distribución de árboles por hectárea varía según la clase diamétrica. La clase con la mayor concentración es la de 60 cm a 70 cm, con 1,66 árboles por hectárea. Le sigue la clase de 50 cm a 60 cm, con 1,17 árboles por hectárea (19 árboles en

total). Las clases diamétricas con los valores más bajos son: 40 cm a 50 cm, con 0,12 árboles por hectárea (2 árboles); 80 cm y más, con 0,37 árboles por hectárea (6 árboles); y 70 cm a 80 cm, con 0,62 árboles por hectárea (10 árboles).

La mayoría de las especies arbóreas muestran una mayor concentración de individuos en las clases diamétricas más pequeñas, lo que indica una buena regeneración natural. Sin embargo, especies como *Macrolobium angustifolium* y *Allantoma decandra* exhiben una distribución más equitativa entre las diversas clases diamétricas, sugiriendo una estructura forestal más desarrollada en términos de diversidad de edades y tamaños de los árboles.

Tabla 2. Número de árboles por clase diamétrica

Especie	Clase diamétrica (cm)					N° de árb/ha	N° de árb.
	40 A	50 A	60 A	70 A	80 a más		
<i>Allantoma decandra</i>	0,06	0,06	0,49	0,37	0,06	1,05	17
<i>Macrolobium angustifolium</i>		0,49	0,43			0,92	15
<i>Buchenavia macrophylla</i>		0,06	0,25	0,12	0,12	0,55	9
<i>Pouteria hispida</i>	0,06	0,18	0,18			0,43	7
<i>Aspidosperma schultesii</i>		0,18	0,06			0,25	4
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>		0,12	0,12			0,25	4
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			0,06		0,18	0,25	4
<i>Ormosia nobilis</i>		0,06	0,06	0,12		0,25	4
Total	0,12	1,17	1,66	0,62	0,37	3,94	64
Total general	2	19	27	10	6		64

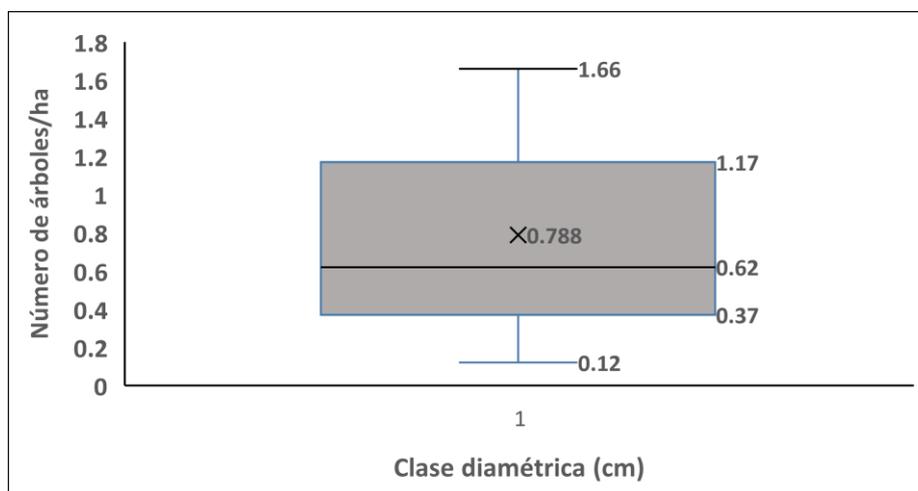


Gráfico 2. Distribución del número de árboles por hectárea

El gráfico 2 muestra la distribución del número de árboles por hectárea. Con una mediana de 0,62 y una media de 0,78, se observa que esta distribución es heterogénea, ya que la mediana no divide la caja de bigotes en dos secciones iguales. En este caso, el cuartil 1 (Q1) indica que el 25% de los árboles tienen un DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) inferior a 40 cm. El cuartil 2 (Q2), que es la mediana, muestra que el 50% de los árboles tienen un DAP de 57 cm. Por último, el cuartil 3 (Q3) indica que el 75% de los árboles tienen un DAP inferior a 70 cm.

4.3. Correlación entre el DAP y la altura comercial de los árboles

4.3.1. Prueba de normalidad

La prueba de Kolmogorov-Smirnov es una prueba no paramétrica que compara la distribución empírica de los datos de la muestra con una distribución teórica, como la distribución normal en este caso. El estadístico de la prueba es la medida de la mayor discrepancia o separación entre estas dos distribuciones.

Tabla 3. Prueba de normalidad del DAP y altura comercial

	Prueba de normalidad		
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
DAP	,145	64	,002
Altura comercial	,239	64	,000

En la tabla 3, se presentan los resultados de la prueba de normalidad utilizando el estadístico de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos variables: el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial. El estadístico de la prueba para el DAP es 0,145, mientras que para la altura comercial es 0,239. Los p-valores asociados son 0,002 para el DAP y 0,239 para la altura comercial.

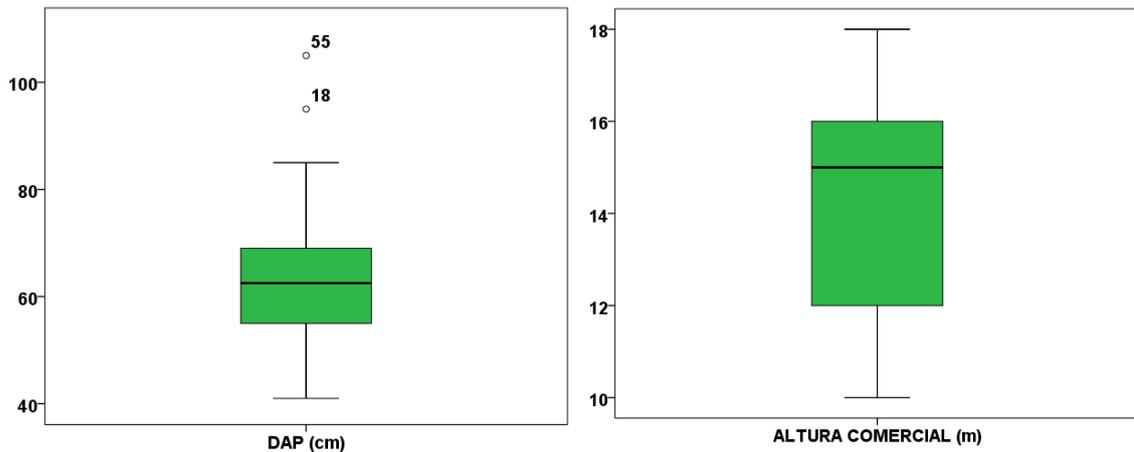


Gráfico 3. Relación entre el DAP y altura comercial de árboles

El Gráfico 3 muestra las distribuciones del DAP y la altura comercial mediante gráficos de cajas y bigotes. En términos generales, estos gráficos indican que las distribuciones del DAP y la altura comercial son similares. Ambos conjuntos de datos muestran una mayor proporción de valores en el extremo inferior de la distribución, lo cual sugiere un sesgo hacia la derecha en ambas variables.

El gráfico de cajas y bigotes del DAP revela que la mediana del diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles es de 65 centímetros, indicando un valor medio significativo para esta medida. La caja representa el rango intercuartílico (IQR), donde el 25% de los árboles tienen un DAP igual o inferior a 55 centímetros (Q1), y el 75% tienen un DAP igual o inferior a 70 centímetros (Q3). Los bigotes muestran que el DAP máximo observado antes de considerar valores atípicos es de 85 centímetros, proporcionando una comprensión clara de la distribución y la variabilidad del diámetro de los árboles analizados.

Según el gráfico de cajas y bigotes, la altura comercial media de los árboles es de dieciséis metros. El setenta y cinco por ciento de los árboles presentan una altura comercial superior a dieciocho metros, mientras que el veinticinco por ciento restante tiene una altura comercial igual o inferior a catorce metros. El bigote

superior del gráfico muestra que la altura comercial máxima alcanzada es de veinte metros, proporcionando así una visión detallada de la distribución y el rango de alturas comerciales observadas en la muestra de árboles representada.

4.3.2. Correlación

Una medida de la relación lineal entre dos variables ordinales es el coeficiente de correlación Rho de Spearman. El rango de valores para el coeficiente de correlación es de -1 a 1. La correlación positiva perfecta se representa con el valor 1, y la correlación negativa perfecta se representa con el valor -1. La correlación positiva perfecta se representa con un valor de 1, la correlación negativa perfecta se representa con un valor de -1, y la ausencia de correlación se representa con un valor de 0.

El coeficiente de correlación Rho de Spearman entre el DAP y la altura comercial es de -0,167 en la tabla 4 de correlaciones. Aunque negativo, este valor es bastante pequeño. Un valor de -0,167 indica una correlación negativa débil.

La tabla de correlaciones muestra un p-valor de 0,187 para la relación entre el DAP y la altura comercial. Al nivel de significación de 0,05, la correlación no es significativa porque este valor es superior a 0,05.

Tabla 4. Correlación entre el DAP y altura comercial de árboles

Correlaciones				
		DAP	Altura comercial	
Rho de Spearman	DAP	Coefficiente de correlación	1,000	-,167
		Sig. (bilateral)	.	,187
		N	64	64
	Altura comercial	Coefficiente de correlación	-,167	1,000
		Sig. (bilateral)	,187	.
		N	64	64

El gráfico 4 muestra que los árboles con un mayor Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) tienden a tener alturas comerciales más elevadas. Esta relación se explica porque los árboles con mayor DAP tienen sistemas radiculares más desarrollados, lo que les permite absorber más agua y nutrientes, y una estructura interna más robusta que les permite soportar su propio peso con mayor eficiencia. Sin embargo, los datos también revelan una gran variabilidad en las alturas comerciales de los árboles. Esto se debe a diversos factores como la especie del árbol, el tipo de suelo, la cantidad de luz solar disponible y otras características del entorno que influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo de los árboles.

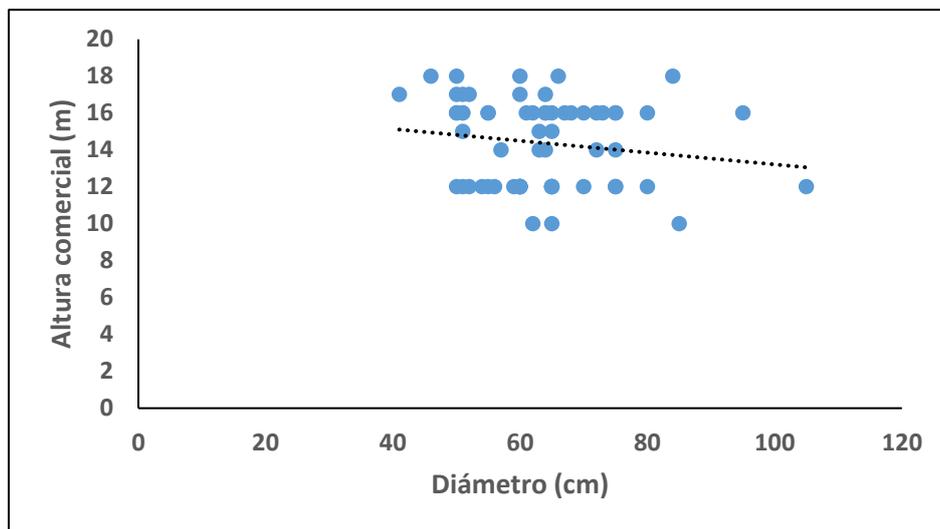


Gráfico 4. Dispersión del DAP y altura comercial

4.4. Altura promedio de los árboles

El rango de diámetros de los árboles en la muestra está definido por las clases diamétricas, que van desde 40 cm hasta más de 80 cm, como se indica en la Tabla 5. La altura media representa la altura promedio de los árboles dentro de cada clase de diámetro. En este caso, se observa que a medida que aumenta el diámetro de los árboles, la altura media tiende a disminuir. Esta relación sugiere que, en general, los árboles con diámetros más grandes no necesariamente son los más altos, lo

cual puede estar influenciado por diversos factores ambientales y biológicos que afectan el crecimiento vertical de los árboles en diferentes etapas de desarrollo y en distintos entornos.

Tabla 5. Altura comercial promedio de los árboles

Clase diamétrica (cm)	Altura promedio (m)
40	17,5
50	14,6
60	14,1
70	14,4
80 a más	14,0

Los resultados del cuadro sugieren que existe una relación negativa entre el diámetro y la altura de los árboles, lo que indica que los árboles con diámetros mayores tienden a tener alturas menores. Sin embargo, esta relación no es muy fuerte, ya que la altura promedio de los árboles dentro de cada clase diamétrica varía. Esto sugiere que otros factores además del diámetro, como las condiciones ambientales específicas, la competencia entre árboles y las características genéticas individuales, pueden influir significativamente en la altura alcanzada por los árboles.

4.5. Modelo alométrico con el mejor ajuste para estimar las alturas comerciales

El modelo cuadrático (Tabla 6) es el modelo alométrico que más se ajusta a los datos. El coeficiente de determinación (R^2) de este modelo es de 0,942, lo que significa que las variaciones del DAP explican el 94,2% de la varianza de la altura comercial. Además, el coeficiente de determinación ajustado del modelo (R^2 ajustado) tiene un *p-valor* de 0,888, lo que significa que es significativo al nivel de significación de 0,05.

Según esta ecuación, la altura comercial de los árboles aumenta a medida que lo hace el DAP. Pero en lugar de ser lineal, la relación es curva. La altura comercial aumenta a un ritmo cada vez menor a medida que aumenta el DAP.

Tabla 6. Comparación de modelos alométricos para estimar la relación entre el DAP y la altura comercial de los árboles

Ecuación	Resumen de los modelos				Coeficientes				Parámetros				
	gl1	gl2	F	Sig.	Const.	b1	b2	b3	r	R ²	R ² ajustado	SEE	Residuo
Lineal	1	4	4,623	0,121	19,240	-0,072			0,779	0,606	0,475	1,059	3,364
Logarítmica	1	4	8,762	0,080	32,983	-4,443			0,832	0,693	0,590	0,936	2,627
Inversa	1	4	10,262	0,049	10,332	259,341			0,880	0,774	0,698	0,803	1,934
Cuadrático	2	4	7,894	0,112	33,326	-0,569	0,004		0,942	0,888	0,775	0,693	0,961
Cúbico	2	4	7,894	0,112	33,326	-0,569	0,004		0,942	0,888	0,775	0,693	0,961
Compuesto	1	4	4,817	0,116	19,593	0,995			0,785	0,616	0,488	0,066	0,013
Potencia	1	4	7,053	0,077	47,064	-0,283			0,838	0,702	0,602	0,058	0,010
S-curva	1	4	10,727	0,047	2,407	16,521			0,884	0,781	0,709	0,050	0,008
Crecimiento	1	4	4,817	0,116	2,975	-0,005			0,785	0,616	0,488	0,066	0,013
Exponencial	1	4	4,817	0,116	19,593	-0,002			0,785	0,616	0,488	0,066	0,013
Logística	1	4	4,817	0,116	0,051	1,005			0,785	0,616	0,488	0,066	0,013

Es fundamental recordar que la relación entre el DAP y la altura comercial no es exactamente la descrita por el modelo alométrico cuadrático ($Y = 33,326 + (0,569 * DAP) + (0,004 * DAP^2)$), sino que es simplemente aproximada. La relación real puede diferir en función de variables como el tipo de árbol, su edad y las circunstancias del entorno. Para determinar la relación entre el DAP y la altura del árbol comercial, el modelo alométrico cuadrático suele ser una herramienta útil.

4.6. Biomasa

4.6.1. Volumen

La Tabla 7 proporciona información detallada sobre el volumen de madera por especie y clase diamétrica. Según los datos, la especie con el mayor volumen de madera es *Allantoma decandra*, seguida de *Macrolobium angustifolium* y *Buchenavia macrophylla*. Las mayores cantidades totales de madera se encuentran en las clases diamétricas de 60-70 cm y 70-80 cm, con 2,61 m³/ha (42,43 m³) y 5,14 m³/ha (83,46 m³), respectivamente. Estos hallazgos son cruciales para la planificación de cosechas forestales, la conservación de especies arbóreas y la gestión forestal sostenible, ya que proporcionan información valiosa sobre la distribución del volumen de madera por especie y tamaño, facilitando decisiones informadas para el manejo y la conservación efectiva de los recursos forestales.

El volumen de madera total de 207,72 m³, con una densidad de 12,79 m³/ha, es un indicador crucial del estado del bosque. Este dato proporciona información fundamental para evaluar la necesidad de implementar prácticas de gestión forestal sostenible en las zonas estudiadas. Además, este indicador permite evaluar la capacidad de los bosques para la producción sostenible de madera, proporcionando así una base para la planificación y la implementación de estrategias que promuevan el uso responsable de los recursos forestales a largo plazo.

La planificación adecuada es fundamental para la tala de bosques, ya que permite calcular la cantidad de madera que puede extraerse sin provocar daños irreversibles a largo plazo en los ecosistemas forestales. Además, mediante la planificación forestal se pueden identificar y priorizar las especies de árboles que

son cruciales para la conservación y el mantenimiento del hábitat. Es importante considerar que los bosques con grandes volúmenes de madera pueden ser más susceptibles a la sobreexplotación y a la destrucción del hábitat si no se manejan de manera sostenible. Por lo tanto, la planificación forestal no solo contribuye a la gestión responsable de los recursos maderables, sino que también juega un papel crucial en la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

La cantidad de madera en los bosques es crucial para tomar decisiones sobre su protección y gestión. Evaluar este dato ayuda a asegurar la salud y productividad del bosque, planificar prácticas sostenibles, gestionar hábitats y mitigar riesgos ambientales. Además, conocer el volumen disponible promueve beneficios económicos y sociales derivados de los bosques. Esta información es fundamental para diseñar políticas que garanticen la sostenibilidad y protección a largo plazo de nuestros recursos forestales.

Tabla 7. Volumen de madera por clase diamétrica y especie

Especie	Clase diamétrica (cm)					Vol. m ³ /ha	Vol. m ³
	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 a más		
<i>Allantoma decandra</i>	0,10	0,14	1,49	1,55	0,35	3,62	58,81
<i>Macrobium angustifolium</i>		1,14	1,38			2,52	40,93
<i>Buchenavia macrophylla</i>		0,15	0,76	0,52	0,50	1,94	31,45
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			0,27		1,37	1,63	26,51
<i>Pouteria hispida</i>	0,13	0,36	0,44			0,93	15,06
<i>Ormosia nobilis</i>		0,15	0,22	0,55		0,92	14,95
<i>Aspidosperma schultesii</i>		0,42	0,23			0,65	10,53
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>		0,24	0,35			0,58	9,50
Total	0,23	2,60	5,14	2,61	2,22	12,79	207,72
Total general	3,67	42,14	83,46	42,43	36,02		207,72

4.6.2. Estimación de la biomasa

La tabla 8 proporciona detalles importantes sobre la distribución de la biomasa en el bosque estudiado. El total de biomasa estimada es de 329,065.96 kg, con una densidad promedio de 20,262.68 kg por hectárea. Según las estadísticas, la especie con mayor biomasa es *Allantoma decandra*, seguida de *Macrolobium angustifolium* y *Buchenavia macrophylla*. Las clases diamétricas de 60-70 cm y 70-80 cm exhiben las mayores biomasa total. Estos datos son fundamentales para la planificación de cosechas forestales, la conservación de especies arbóreas y la promoción de prácticas de gestión forestal sostenible, ofreciendo una base sólida para decisiones informadas que aseguren la salud y la productividad continua del bosque. A medida que aumenta el diámetro de los árboles, también aumenta la biomasa, especialmente destacado en la especie *Allantoma decandra*, que tiene la mayor biomasa total y constituye una parte significativa del volumen total de madera del bosque.

Tabla 8. Distribución de la biomasa por especie y clase diamétrica

Especie	Clase diamétrica (cm)					Biomasa total kg/ha	Biomasa total kg
	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 a más		
<i>Allantoma decandra</i>	156,72	219,37	2418,89	2509,74	561,59	5866,31	95268,85
<i>Macrolobium angustifolium</i>		1798,53	2171,02			3969,54	64465,39
<i>Buchenavia macrophylla</i>		235,76	1204,78	814,53	794,72	3049,79	49528,64
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			418,07		2152,54	2570,60	41746,59
<i>Pouteria hispida</i>	223,39	622,64	760,12			1606,15	26083,85
<i>Ormosia nobilis</i>		239,94	349,43	860,27		1449,64	23542,18
<i>Aspidosperma schultesii</i>		613,36	334,69			948,05	15396,33
<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>		325,25	477,35			802,59	13034,12
Total	380,11	4054,84	8134,34	4184,54	3508,85	20262,68	329065,96
Total general	6173,05	65850,58	132101,75	67956,89	56983,70		329065,96

Un indicador crucial de la productividad de un ecosistema es su biomasa, que se define como la masa total de materia biológica viva presente en un lugar específico. La biomasa puede ser cuantificada para una sola especie, un grupo de especies o para todo el ecosistema en su conjunto. Esta medida es fundamental para evaluar la salud y la capacidad productiva del ecosistema, proporcionando información esencial para la gestión y la conservación de los recursos naturales. El gráfico 5 muestra la distribución de la biomasa en el bosque de colina baja. Los resultados muestran una media de 4052,54 y una mediana de 4054,84.

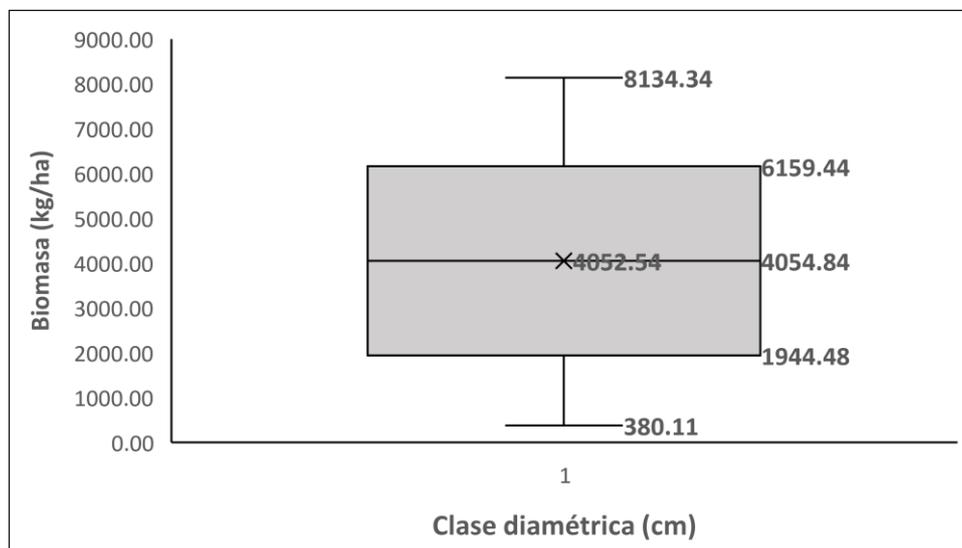


Gráfico 5. Caja de bigote de la clase diamétrica y el volumen de árboles

Los cuartiles son puntos que dividen una distribución en cuatro partes iguales. El primer cuartil ($Q1=1944,48$) marca el punto donde el 25% de los valores están por debajo y el 75% por encima. La mediana o segundo cuartil ($Q2=4054,84$) separa la distribución en dos mitades iguales, con el 50% de los valores por debajo y el 50% por encima de este valor. El tercer cuartil ($Q3=6159,44$) indica donde el 75% de los valores están por debajo y el 25% restante por encima. Estos valores son fundamentales en estadística para analizar cómo se distribuyen y dispersan los datos en un conjunto numérico.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Composición florística

En el estudio del bosque de colina baja, se observa una diversidad significativa en la composición florística según diversas fuentes. En la Tabla 1 del censo forestal realizado, se registraron 64 árboles distribuidos en ocho especies, ocho géneros y seis familias botánicas. La familia Fabaceae es destacada, representando el 35.94% del total con tres especies: *Macrobium angustifolium*, *Ormosia nobilis* y *Cedrelinga cateniformis*. Comparativamente, Murrieta (2021) menciona 6191 árboles pertenecientes a 15 familias y 35 especies, siendo Fabaceae la más numerosa con diez especies. *Otoba* sp, *Eschweilera coriacea* y *Virola calophylla* son las especies más abundantes según este autor. Por otro lado, Talexio (2021) describe 54 especies y 23 familias, destacando Fabaceae con 12 especies y *Vochysia vismiifolia* como la más común con 594 árboles. Finalmente, Freire (2023) reporta 69 árboles de 14 especies y nueve familias, con Myristicaceae liderando en número de especies. Las especies con más árboles incluyen *Lueheopsis althaeiflora*, *Otoba glydicarpa* y *Vochysia vismiifolia*, cada una con siete árboles registrados. Al comparar los datos mencionados, se destacan diferencias en cuanto a las especies arbóreas registradas, pero similitudes en cuanto a la prominencia de la familia botánica Fabaceae. La variación en la distribución de especies puede ser atribuida a varios factores, incluyendo la topografía, el clima, el tipo de suelo y la historia geológica de la región. Estos elementos pueden haber influido en la evolución de las especies arbóreas a lo largo del tiempo, adaptándose a las condiciones cambiantes del entorno.

Las medidas de biodiversidad, que incluyen el número de especies, la abundancia de cada una y su distribución, son fundamentales para comprender la variedad de vida en una zona específica. La composición florística, que detalla la cantidad y distribución de especies vegetales en una región, es especialmente importante como indicador clave de esta biodiversidad. Además de proporcionar detalles sobre las especies presentes, la composición florística facilita la comprensión de los procesos naturales y ecológicos que regulan los ecosistemas. Estos procesos incluyen la regulación del clima, la calidad del aire y el ciclo del agua por parte de las plantas, revelando las complejas interacciones entre la flora y su entorno. Entender estos mecanismos ecológicos es crucial para la gestión y conservación efectiva de los ecosistemas.

5.2. Biomasa de las especies

En la Tabla 8, se muestra la biomasa de todo el bosque con 207,72 kg (12,79 kg/ha), De ellas, la especie *Allantoma decandra* tiene el valor más alto con 3,62 kg/ha (58,51 kg), seguida de *Macrolobium angustifolium* con 2,52 kg (40,93 kg) juntas hacen el 6,14 kg/ha (99,74 kg) o el 48,01% de la biomasa total del bosque. Del mismo modo, con 0,58 kg/ha (9,50 kg), *Caryodaphnopsis inaequalis* tiene el valor más bajo de todas las especies del grupo. Con 10,35 kg/ha (168,03 kg), o el 80,92%, las clases de diámetro de 50-60 cm, 60-70 cm y 70-80 cm presentan el valor más alto, mientras que la clase de 40-50 cm reporta el valor más bajo, con 0,23 kilogramos/ha (3,67 kg). Según los estudios citados, la biomasa de las especies más significativas varía considerablemente entre diferentes bosques y estudios. Murrieta (2021) informa que la biomasa de las 19 especies más destacadas oscila entre 24,895.92 kg/ha y 47,302,240.25 kg, con *Eschweilera*

coriacea registrando la biomasa más alta de 2788.77 kg/ha, seguida por *Otoba* sp con 2311.48 kg/ha. Las clases diamétricas más grandes, como las de 60-69 cm, 70-79 cm y 80-89 cm, muestran valores elevados de biomasa, alcanzando 13,377.86 kg/ha. Tallexio (2021) reporta una biomasa total de 28,141,208.61 kg, con las 35 especies más biomásicas sumando 26,855,950.77 kg (28,738.31 kg/ha). *Vochysia vismiifolia* destaca con 4299.28 kg/ha como la especie con mayor biomasa. Freire (2023) indica un total de 364,498.75 kg (22,499.92 kg/ha) de biomasa, con *Vochysia vismiifolia* también liderando con 2546.21 kg/ha, seguida por *Eschweilera bracteosa* con 2506.70 kg/ha, *Parkia multijuga* con 1981.35 kg/ha, y *Ecclinusa lanceolata* con 1928.71 kg/ha. Estas variaciones destacan la influencia de factores locales como la composición específica de especies y las condiciones ambientales en la biomasa forestal observada. La discrepancia entre los resultados y los de otros estudios puede atribuirse a diversos factores, como la ubicación del estudio, la edad del bosque, las actividades antropogénicas y la composición del suelo. Una medida de la salud de un ecosistema es su biomasa. Un ecosistema sano con mucha vida vegetal y una biomasa elevada es aquel que desempeña un papel importante en los ciclos de nutrientes. Por ejemplo, los árboles emiten oxígeno a la atmósfera y absorben dióxido de carbono. A pesar de que la quema de biomasa envía dióxido de carbono a la atmósfera, su importancia radica en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Pero como el dióxido de carbono emitido durante la combustión fue tomado del medio ambiente durante el desarrollo de los árboles, se trata de una fuente de energía neutra en carbono. En cuanto a la mitigación del cambio climático, la biomasa es una fuente de energía con capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En

particular, la biomasa forestal puede ser muy útil para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y acelerar el paso a una economía baja en carbono. Para aprovechar plenamente la biomasa, es imprescindible crear métodos eficaces tanto para su producción como para su utilización. Para garantizar que la biomasa se produce de forma eficiente, es igualmente crítico gestionar los bosques de forma sostenible.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

1. La composición florística está agrupado en ocho especies forestales comerciales y seis familias botánicas, se observó un total de 64 árboles. La familia Fabacea es la que cuenta con mayor número de árboles (23 árboles) y especies (tres especies).
2. El número de árboles por hectárea asciende a 3,94. De los 17 árboles, *Allantoma decandra* tiene el mayor número de árboles (1,05 árboles/ha), seguida de *Macrolobium angustifolium* (0,92).
3. El DAP y la altura comercial tienen un valor de correlación de -0,167. Dado el ínfimo valor, existe una asociación regular y negativa.
4. La relación DAP - altura comercial se ajustó al modelo alométrico cuadrático ($Y = 33,326 + (0,569 * DAP) + (0,004 * DAP^2)$), dando como resultado $r = 0,942$ y $R^2 = 0,888$.
5. 26 262,68 kg/ha es la biomasa seca total de las especies forestales comerciales. La biomasa más alta corresponde a *Allantoma decandra*, con 5866,31 kg/ha, seguida de *Macrolobium angustifolium*, con 3969,54 kg/ha.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

1. Fomentar el uso sostenible de la biomasa forestal, ya que puede contribuir tanto al crecimiento económico como a la protección del medio ambiente.
2. Aumentar la producción de biomasa de las especies, *Allantoma decandra* y *Macrolobium angustifolium* ya que son muy prometedoras para el desarrollo sostenible.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

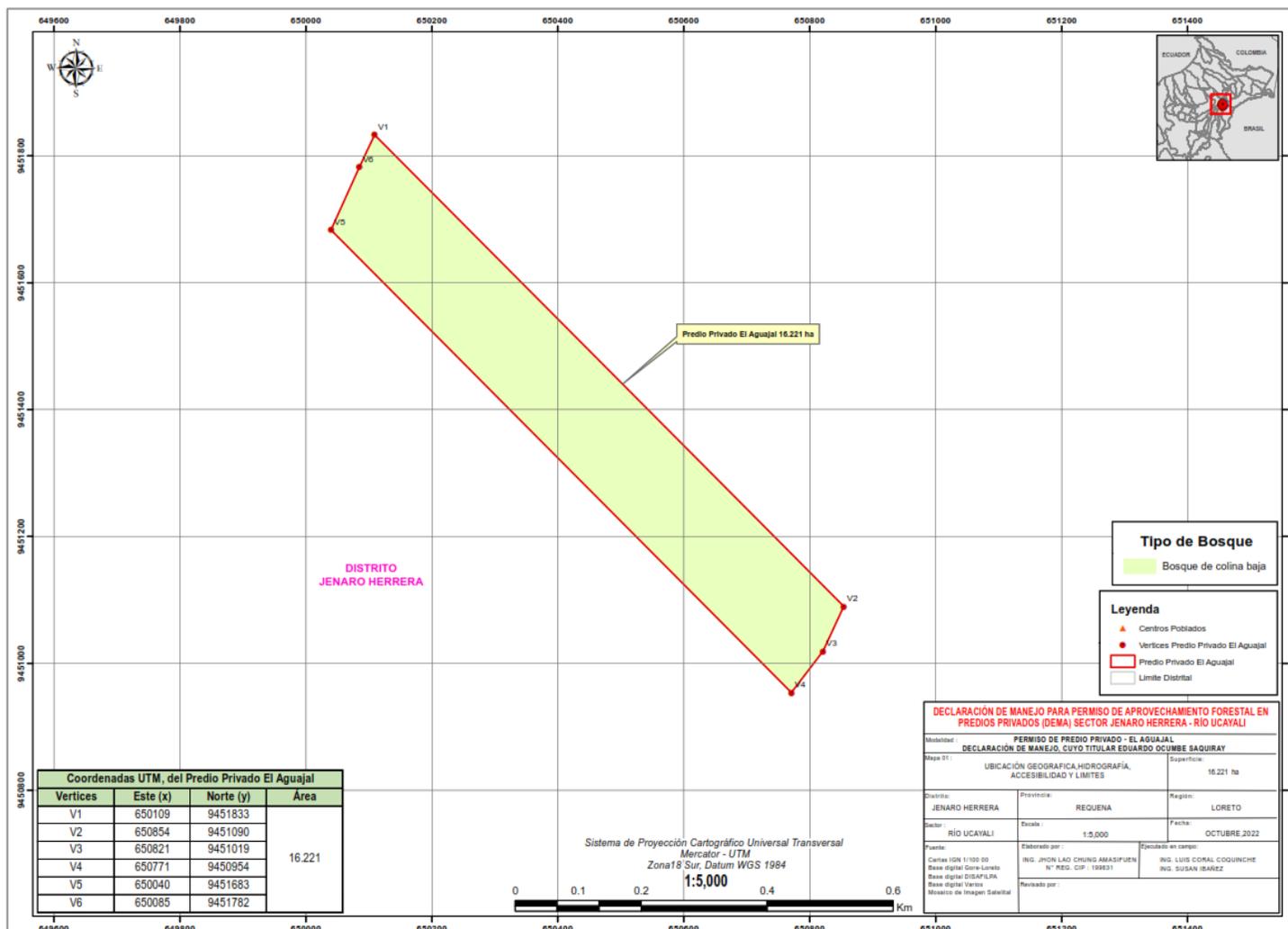
- Alvarez, G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. [Tesis de Magíster, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza] <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4357>
- Cancino, J. O. (2012). *Dendrometría básica*. Chile. ISBN: 9568029672. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/407>
- Chacón, M. (2020). *Ecuación para estimar el volumen de la raíz a partir de la relación R/T (raíz/tallo) en brinzales y latizales de especies forestales*. Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4212>
- Dauber, E., Terán, J., Guzmán, R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. *Revista forestal iberoamericana*. 2008. 1(1):1-10. <http://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC2.pdf>
- Espíritu, J. J. (2016). *Comparación de tres ecuaciones alométricas para estimar la biomasa arbórea para su valoración económica del secuestro de CO₂ en la parcela 8 del arboretum "El Huayo" del CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos, 2015*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4322>
- Figuroa, A. C. (2018). Factor de forma de *caryocar amygdaliforme* Ruiz & Pav. ex g. don (Almendro) en bosques de terraza de la Amazonia Peruana. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3816>
- Luza, I. A. (2014). *Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú, 2013*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7530>

- Masías, V. M. (2017). *Consideraciones para la medición de diámetros y alturas de árboles vivos de *Polylepis flavipila* (bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3458>
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de flora y vegetación. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima-Perú.*
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion>
- Moreno, 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.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4474>
- Murrieta, J. J. M. (2021). *Estructura diamétrica y carbono almacenado en las especies comerciales de un bosque de colina baja del distrito de Indiana/Las Amazonas, Loreto. 2020.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7520>
- Fondo para áreas Naturales Protegidas por el Estado [PROFONANPE]. 2007. *Inventarios Forestales. Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona.*
- Pesantez, W. A. (2015). *Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea de una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), en la parroquia río Blanco, Cantón Morona.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/9969>

- Quiñe, M. C. (2009). *Cuantificación de biomasa y reserva de carbono en sistemas agroforestales de café (Coffea arabica L.) en dos pisos altitudinales*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/1131>
- Rae y Asale. (2010). *La ortografía de la lengua española*. Espasa. 864 p. ISBN: 9788467034264
<https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
- Reynafarje, C A. (2014). *Relación entre la estructura diamétrica y la abundancia, en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3820>
- Reátegui, M. Del R. (2022). *Valoración económica del servicio de secuestro de CO₂ de las especies comerciales en un bosque de terraza baja de la comunidad nativa Nueva Alegría distrito de Morona, Loreto. 2022*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/8894>
- Rivas, 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*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6281>
- Rosas, A. y Zúñiga, J. (2010). *Estadística descriptiva e inferencial I. Correlación y regresión lineal. Colegio de bachilleres*. http://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/edin1/edi1_f03.pdf
- Rocha, J. E. (2017). *Relación altura comercial-diámetro y abundancia-clase diamétrica en los árboles de un bosque de colina baja. Maynas, Loreto, Perú - 2015*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4884>

- Sánchez, D. F. (2016). *Evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la península de Osa, Costa Rica*. [Tesis de Licenciado, Universidad Nacional]. <http://hdl.handle.net/11056/13491>
- Segura, M. y Andrade, H, J. (2008). Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. *Agroforestería en las Américas* N° 46. p. 89-96. https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/segura2008a.pdf
- Talexio, F. D. (2021). *Valoración económica del secuestro de CO₂ en un bosque de colina baja de la concesión forestal 16-lqu/C-J-224-04, distrito de Pebas, Loreto. 2021*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/8614>
- Toscano, L. A. (2009). *Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa*. [Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica Del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31830?mode=full>
- Vela, 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*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7906>
- Zarate, J. A. (2021). *Determinación de un modelo de árbol de la especie algarrobo (*Prosopis pallida*) y proyección de volumen aprovechado de la manera ilegal en la concesión de la Universidad Nacional de Tumbes*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Tumbes]. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2637>
- Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C., And Chave, J. (2009). *Global wood density database*. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

ANEXOS



Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de colina baja del predio privado “El Aguajal”

Anexo 2. Constancia de identificación botánica de las especies forestales



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

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

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA n.º 066-2023 AMAZ-UNAP

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

HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas presentada por **ERIKA JACQUELINE CHÁVEZ RAMÍREZ**, bachiller de la **Escuela Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales** de la **Facultad de Ciencias Forestales** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de grado titulado **"BIOMASA DE ESPECIES COMERCIALES EN UN BOSQUE DE COLINA BAJA APLICANDO ECUACIONES ALOMÉTRICA. JENARO HERRERA, LORETO, PERÚ - 2023."**; han sido **DETERMINADAS** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

Nº	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	AUTOR	NOMBRE COMÚN
1	FABACEAE	<i>Macrobium angustifolium</i>	(Benth.) R.S. Cowan	"azucar huayo"
2	FABACEAE	<i>Ormosia nobilis</i>	Tul.	"huayruro"
3	LAURACEAE	<i>Caryodaphnopsis inaequalis</i>	(A.C. Sm.) van der Werff & H.G. Richt.	"palta moena"
4	LECYTHIDACEAE	<i>Allantoma decandra</i>	(Ducke) S.A. Mori, Ya Y. Huang & Prance	"papelillo"
5	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma schultesii</i>	Woodson	"quillobordon"
6	SAPOTACEAE	<i>Pouteria hispida</i>	Eyma	"quinilla"
7	FABACEAE	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	(Ducke) Ducke	"tornillo"
8	COMBRETACEAE	<i>Buchenavia macrophylla</i>	Eichler	"yacushapana"

Determinador: Ing. Dario Dávila Paredes

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

Atentamente,


Richard J. Huaranca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense
CIRNA - UNAP

