



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“RELACIÓN DEL DIÁMETRO CON ALTURA TOTAL Y COMERCIAL DE UN
BOSQUE DE COLINA BAJA, DISTRITO DE MAQUIA, LORETO, 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

GALENA MABEL CABALLERO RAMIREZ

ASESOR:

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 026-CCGyT-FCF-UNAP-2024

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 15 días del mes de mayo del 2024, a horas 12:00 m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "RELACIÓN DEL DIÁMETRO CON ALTURA TOTAL Y COMERCIAL DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA, DISTRITO DE MAQUIA, LORETO, 2023", aprobado con R.D. N° 0437-2023-FCF-UNAP, presentado por la bachiller GALENA MABEL CABALLERO RAMIREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniera Forestal, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0084-2024-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Segundo Córdova Horna, Dr. : Presidente
Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr. : Miembro
Blgo. Carlos Roberto Dávila Flores, Dr. : Miembro

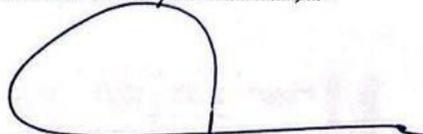
Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: *satisfactoriamente*

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

La sustentación pública y la tesis han sido: *Aprobado* con la calificación de *Bueno*

Estando la bachiller apta para obtener el Título Profesional de Ingeniera Forestal.

Siendo las *13:15* Se dio por terminado el acto *acordados*


Ing. SEGUNDO CORDOVA HORNA, Dr.
Presidente


Ing. RILDO ROJAS TUANAMA, Dr.
Miembro


Blgo. CARLOS ROBERTO DÁVILA FLORES, Dr.
Miembro


Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!

Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

www.unapiquitos.edu.pe

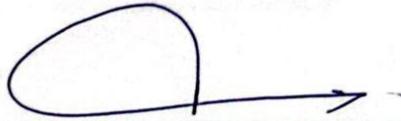
Teléfono: 065-225303

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**"Relación del diámetro con altura total y comercial de un bosque de colina baja,
distrito de Maquia, Loreto, 2023"**

MIEMBROS DEL JURADO



Ing. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr.
Presidente

REGISTRO CIP N° 65032



Ing. RILDO FOJAS TUANAMA, Dr.
Miembro

REGISTRO CIP N° 86706



Blgo. CARLOS ROBERTO DÁVILA FLORES, Dr.
Miembro

REGISTRO CBP N° 6162



Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.
Asesor

REGISTRO CIP N° 45725

NOMBRE DEL TRABAJO

FCF_TESIS_CABALLERO RAMIREZ.pdf

AUTOR

GALENA MABEL CABALLERO RAMIREZ

RECuento DE PALABRAS

11703 Words

RECuento DE CARACTERES

56446 Characters

RECuento DE PÁGINAS

48 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

810.9KB

FECHA DE ENTREGA

Aug 17, 2024 6:21 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 17, 2024 6:21 PM GMT-5

● **26% de similitud general**

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

- 25% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 20% Base de datos de trabajos entregados
- 3% 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

A mis padres que me han apoyado incondicionalmente durante todos estos años tanto emocional y económicamente, me han inculcado de buenos valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante y terminar la carrera universitaria.

Por ultimo y no menos importante dedicar este trabajo a mi hija, quien es el motivo de seguir superándome y ser un ejemplo a seguir para ella y a la vez demostrarle que nada es difícil, que todo se puede con sacrificio, amor y mucho compromiso.

AGRADECIMIENTO

Antes que todo, agradecer a Dios por seguir regalándome vida, por darme sabiduría para mejorar y aprender de mi día a día, por guiar siempre mis pasos y sobre todo por brindarme una familia maravillosa que no ah dudado de mi y me ah mantenido animada en todo este proceso.

Agradecer a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana por acogerme durante mis años de estudios para poder ser una buena profesional.

Y finalmente gracias a mis padres por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome, gracias familia y amigos por su apoyo y confianza. También agradecer a mi compañero de vida, quien me expresó su cariño, comprensión y apoyo para poder terminar esta linda carrera.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
FIRMA DE JURADOS	iii
REPORTE 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	5
1.3. Definición de términos básicos	8
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
2.1. Formulación de la hipótesis	10
2.2. Varibles 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	12

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística	12
3.4.2. Número de árboles por clase diamétrica y por especie	12
3.4.3. Modelo alométrico que mejor se ajusta a la altura total, comercial y por especie	12
3.4.4. Relación del diámetro con la altura total y altura comercial	13
3.5. Aspectos éticos	14
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	15
4.1. Composición florística	15
4.2. Número de árboles por clase diamétrica	19
4.3. Modelo alométrico que se ajustó a la altura total y comercial	26
4.3.1. Promedio de altura total de los árboles	26
4.3.2. Modelo alométrico que se ajustó para estimar la altura total de los árboles	27
4.3.3. Promedio de altura comercial de los árboles	30
4.4. Relación del diámetro con la altura total y comercial	34
4.4.1. Prueba de normalidad	34
4.4.2. Relación del diámetro con la altura comercial y total	36
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	40
5.1. Composición florística	40
5.2. Relación del diámetro con la altura total y comercial	41
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	44
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	46
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	47
ANEXOS	50

Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de colina baja, distrito de Maquia, Loreto 51

Anexo 2. Identificación botánica de las especies forestales 52

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Modelos alométricos seleccionados para el estudio	13
2.	Composición florística del bosque de estudio	17
3.	Número de árboles por clase diamétrica y por especie	23
4.	Promedio de altura total de los árboles	26
5.	Modelos alométricos evaluados a la altural total promedio	29
6.	Promedio de altura comercial de los árboles	31
7.	Modelos alométricos evaluados a la altural comercial promedio	33
8.	Prueba de normalidad del DAP, altura total y comercial	36
9.	Correlación del DAP con altura total	37
10	Correlación del DAP con altura comercial	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
1.	Abundancia y diversidad del número de especies	16
2.	Distribución de la abundancia de árboles	20
3.	Distribución del número de árboles por hectárea	21
4.	Altura total promedio de los árboles	27
5.	Modelo alométrico ajustado a la altura total promedio	30
6.	Altura comercial promedio de los árboles	31
7.	Modelo alométrico ajustado a la altura comercial promedio	34
8.	Diagrama de caja de bigotes para el DAP, altura comercial y total	36
9.	Dispersión de los datos de DAP y altura total	38
10.	Dispersión de los datos de DAP y altura comercial	39

RESUMEN

En el distrito de Maquia, Loreto, se llevó a cabo una evaluación de la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total y comercial en un bosque de colina baja. La información utilizada provino del censo forestal de especies comerciales del plan operativo 7 de la parcela de corta PC 6, designada para el aprovechamiento forestal. Los resultados revelan la presencia de 81 especies distintas, distribuidas en 25 familias botánicas y pertenecientes a 69 géneros. La densidad arbórea en la zona se estableció en 1,005 árboles por hectárea, con un total de 728 árboles registrados en el área de estudio. Se destaca una relación significativa entre el diámetro y la altura total, evidenciada por un coeficiente de correlación (r) de 0,595. Asimismo, se observa una relación similar entre el diámetro y la altura comercial, con un coeficiente de correlación de 0,652. Ambas relaciones se califican como moderadas, indicando que a medida que aumenta el diámetro a la altura del pecho, también lo hacen la altura total y la altura comercial de los árboles en este bosque. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la gestión y comprensión de los procesos ecológicos en esta región forestal específica.

Palabras clave: Relación diamétrica, altura total, altura comercial, bosque, Maquia.

ABSTRACT

In the district of Maquia, Loreto, an evaluation of the relationship between diameter at breast height (DBH) and total and commercial height was carried out in a low hill forest. The information used came from the forest census of commercial species of operational plan 7 of the PC 6 cutting plot, designated for forestry use. The results reveal the presence of 81 different species, distributed in 25 botanical families and belonging to 69 genera. The tree density in the area was established at 1,005 trees per hectare, with a total of 728 trees registered in the study area. A significant relationship between diameter and total height stands out, evidenced by a correlation coefficient (r) of 0.595. Likewise, a similar relationship is observed between diameter and commercial height, with a correlation coefficient of 0.652. Both relationships are rated as moderate, indicating that as diameter at breast height increases, so do the total height and commercial height of the trees in this forest. These findings provide valuable information for the management and understanding of ecological processes in this specific forest region.

Keywords: Diametric ratio, total height, commercial height, forest, Maquia.

INTRODUCCIÓN

Para proporcionar estimaciones creíbles que permitan una toma de decisiones eficiente, el manejo forestal requiere mediciones precisas de los rasgos o variables de los árboles. Dos de las mediciones más importantes que se miden en los inventarios forestales son la altura total y el diámetro normal (a 1,3 m) de árboles individuales porque son necesarios para calcular los volúmenes de madera o la biomasa (Xionweng y Brockway, 2017 como se citó en Guerra *et al.*, 2019, p. 134); también son necesarios para los estudios de crecimiento y rendimiento de árboles individuales, por lo que su importancia es reconocida en la aplicación de la gestión técnica (Peng *et al.*, 2001; Osman *et al.*, 2013 como se citó en Guerra *et al.*, 2019, p. 134).

La estimación de la altura total y comercial de un árbol es uno de los parámetros utilizados para la toma de decisiones de gestión, así como para la investigación del crecimiento y el rendimiento. Medir la altura de árboles viejos y copas cerradas en su mayor parte puede resultar complicado y propenso a errores de medición. El diámetro a la altura del pecho de una especie que crece en un mismo lugar y la altura correspondiente del árbol tienen una conexión no lineal. Estas interacciones están influidas por las condiciones del lugar y la densidad de la masa (Prodan *et al.*, 1997 como se citó en Arias, 2004, pp. 1, 2).

Nuestra región tiene bosques, pero sabemos muy poco sobre la relación entre el diámetro y la altura de los árboles que los componen. Si supiéramos más sobre esa relación, podríamos estimar con mayor precisión el volumen de cada árbol individual o del rodal en su conjunto y conocer la altura de los árboles, lo que será crucial para el manejo de nuestros bosques.

Las dificultades prácticas hacen que la realización de un inventario resulte más lenta y costosa cuando se mide la altura total de los árboles en pie sobre el terreno, frente a su diámetro habitual (Trincado y Leal, 2006; Sharma, 2009 como se citó en Guerra *et al.*, 2019, p. 134). Su medición también es susceptible de imprecisiones, especialmente en bosques con un sotobosque denso o en zonas donde coexisten árboles de distintas edades, especies, tamaños, vigor o clases de copa (Temesgen *et al.*, 2014; Arnoni *et al.*, 2016 como se citó en Guerra *et al.*, 2019, p. 134).

Es fundamental calcular correctamente la relación altura diámetro porque la altura total es más cara y difícil de medir sobre el terreno que el diámetro normal y normalmente solo se hace en una muestra de árboles (Sharma y Breidenbach, 2015 como se citó en (Corral *et al.*, 2019, p. 87).

Para incorporarla a los modelos de crecimiento y producción utilizados en la gestión forestal, es necesario desarrollar una función altura diámetro eficaz para bosques. Una herramienta para estimar la altura total de los árboles del sitio a partir de una submuestra medida en campo, ahorrando tiempo y dinero en los inventarios forestales madereros (Vargas *et al.*, 2009; Corral *et al.*, 2014; Guerra *et al.*, 2019 como se citó en (Corral *et al.*, 2019, p. 88).

El objetivo principal fue determinar la relación del diámetro con la altura total y comercial de un bosque de colina baja, distrito de Maquia, Loreto, 2023.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

De los árboles de la población analizada tenían al menos 30 cm de DAP, según los resultados el estudio es descriptivo y de nivel básico realizado en 2018 en el distrito de San Juan Bautista. El estudio encontró que la ecuación cúbica es la que mejor se ajusta a la relación entre diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura comercial de los árboles medidos en el bosque de terraza media, siendo la ecuación cúbica la que mayor coeficiente de correlación ($r = 0,45$) y coeficiente de determinación ($R^2 = 0,21$) encontró. Los resultados revelan que entre los modelos matemáticos utilizados para examinar la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial de la especie "huira caspi", el modelo logístico, compuesto, potencia, de crecimiento y exponencial tienen los coeficientes de correlación más altos ($r = 0,15$ y $R^2 = 0,02$) entre ellos. La ecuación cúbica alteró el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación para la especie chimicua, que ahora tiene los mayores valores de $r = 0,72$ y $R^2 = 0,51$ respectivamente (Wong, 2018, pp. 25, 36, 37, 39).

Todos los árboles del bosque de colina baja se utilizaron como población de estudio en una investigación descriptiva y de nivel básico que se desarrolló en 2017 en la comunidad nativa de Atalaya. El estudio identificó siete especies de la familia Fabaceae, dos de la familia Myristicaceae y una de cada uno de los tres grupos botánicos restantes. Doce especies comerciales tienen un diámetro DAP igual o superior a cuarenta centímetros. Los resultados muestran que el modelo de potencia, que tiene el mayor coeficiente de correlación ($r = 0,29$) y el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,08$), es la ecuación que mejor describe la relación comercial diámetro-altura. La relación entre las especies de cumala está mejor descrita por el

modelo cúbico, que tiene el coeficiente de correlación (0,32) y el coeficiente de determinación (0,10) más elevados. Según los resultados, las ecuaciones que mejor describen las especies de palangre son los modelos compuesto, de crecimiento, exponencial y logístico, que presentan los coeficientes de correlación (0,62) y de determinación (0,38) más elevados. La ecuación cúbica es la que mejor se ajusta a la especie mari mari, con el valor de correlación (0,66) y el coeficiente de determinación (0,43) más elevados. El modelo cúbico capta mejor esta asociación para la especie marupá, con el mayor valor de correlación (0,22) y coeficiente de determinación (0,054) (Rocha, 2017, pp. 19, 23, 29, 31, 32, 34).

En 2015 se llevó a cabo un estudio descriptivo básico en el distrito de Yavari, y los resultados mostraron que todos los árboles de la población estudiada tenían al menos 40 cm de DAP. Según el estudio, se encontraron 11 especies comerciales en el bosque de colina baja, distribuidas entre nueve (9) familias botánicas, siendo las familias Fabaceae y Myristicaceae las que tenían más especies comerciales, con dos cada una. Las otras siete familias botánicas sólo tenían una especie comercial cada una. Los resultados de la aplicación de modelos matemáticos a la relación entre el diámetro a la altura del pecho y la altura comercial de los árboles observados revelan que el modelo cuadrático con mayor coeficiente de correlación ($r = 0,288$) y coeficiente de de determinación ($r^2 = -0,288$) es el que mejor se ajusta a esta relación. Los resultados de los modelos matemáticos aplicados a esta relación muestran que la relación entre el diámetro a la altura del pecho y la altura total está mejor descrita por el modelo cúbico, que tiene el coeficiente de correlación ($r = 0,30$) y el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,09$) más elevados. La relación entre el diámetro a la altura del pecho y la altura comercial de la especie cumala está mejor descrita por el modelo cuadrático, que tiene el coeficiente de correlación

($r = 0,33$) y el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,11$) más elevados. Los resultados demuestran que la relación global altura-diámetro de la especie cumala está mejor descrita por el modelo cuadrático, que tiene el mayor coeficiente de correlación ($r = 0,33$) y coeficiente de determinación ($R^2 = 0,17$). La ecuación que mejor explicó la relación altura-diámetro comercial de la especie cumala aguanillo tuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 0,19$ y un modelo cuadrático o cúbico con el valor de correlación más alto, $r = 0,43$ (Rodríguez, 2015, pp. 19, 24, 27, 28, 30, 31).

En el distrito de Putumayo, se realizó una investigación descriptiva y de nivel básico en 2015. Los resultados revelaron que todas las especies forestales económicamente explotables con un DAP mayor o igual a 30 cm se incluyeron en la población de estudio. Se identificaron 41 especies comerciales repartidas en 19 familias botánicas. Entre ellas, la familia botánica Fabaceae destaca por tener el mayor número de especies de importancia comercial con 10, seguida de Myristicaceae con 5. De acuerdo con los resultados de la aplicación de los modelos alométricos, el modelo potencial $Y = b_0 \times (t^{b_1})$, que tiene el mayor coeficiente de correlación $r = 0,998$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,996$, es el que mejor se ajusta a la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial de los árboles registrados en el bosque de terraza baja. El modelo alométrico que se ajustó a la especie lupuna es el modelo cúbico, que tiene la fórmula $Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_1 \times t^2) + (b_1 \times t^3)$. Presenta los mayores coeficientes de determinación ($R^2 = 0,49$) y correlación ($r = 0,70$) (Márquez, 2015, pp. 18, 24, 28, 29).

1.2. Bases teóricas

Una primera aplicación de la relación entre estos factores es la capacidad de predecir la altura de los árboles en función de la variable más fácilmente medible (Larsen y Hann, 1987 como se citó en (Arias, 2004, p. 2). Además, se ha

descubierto que la calidad del lugar puede determinarse utilizando correlaciones entre la altura y el diámetro de los árboles (Stout y Shumway, 1982 como se citó en (Arias, 2004, p. 2). Algunos autores han utilizado la altura del rodal hasta un valor de diámetro especificado como medida de la productividad del sitio para evitar malentendidos con la definición de índice de sitio, que se basa en la relación entre la altura del rodal y la edad. Esta medida se denomina condición del lugar (Vanclay y Henry, 1988 como se citó en (Arias, 2004, p. 2).

La relación altura-diámetro es la que mejor describe la estructura vertical de las masas forestales. En otras palabras, estima el volumen de cada árbol o rodal individual y determina la altura dominante para determinar la calidad de la estación (Huang et al., 1992 como se citó en (Guzmán et al., 2019, p. 100). También simula el crecimiento forestal (Burkhardt y Strub, 1974; Wykoff et al., 1982; Larsen y Hann, 1987; Hernández-Ramos et al., 2018^a como se citó en Guzmán et al., 2019, p. 100). Su comprensión también es esencial en otras circunstancias, como el cálculo de la biomasa forestal, la simulación de la dinámica de las masas forestales y la investigación de los fundamentos teóricos del desarrollo de los árboles (Canham et al., 1994 como se citó en Guzmán et al., 2019, p. 100).

Es necesario estimar la altura total (h) de los árboles de un rodal para modelizar el crecimiento y la producción. En primer lugar, se utilizan la altura dominante y la edad para calibrar la productividad del lugar. A continuación, se emplean las curvas altura-diámetro como base para predecir los volúmenes totales y comerciales de un árbol y un rodal (López *et al.*, 2003 como se citó en Corral *et al.*, 2019, p. 87).

La relación altura-diámetro ($h-d$) puede modificarse utilizando funciones lineales y no lineales (Huang *et al.*, 1992 como se citó en Corral *et al.*, 2019, p. 87). Las

relaciones que simplemente tienen en cuenta el diámetro normal, también conocidas como funciones locales, pueden no adaptarse bien a todas las condiciones concebibles de crecimiento forestal o a diversas etapas silvícolas de los rodales porque la altura total cambia con la calidad de estación o la densidad (Prodan et al., 1997 como se citó en (Corral *et al.*, 2019, p. 87). Se requiere emplear muchas funciones para estimar todas las posibles relaciones h-d que surgen en varios rodales a lo largo de su evolución. Estas funciones, denominadas generalizadas, necesitan disponer de variables que describan la dinámica de cada rodal para ser más precisas (Crecente et al., 2010; Hernández et al., 2015 como se citó en (Corral *et al.*, 2019, p. 87).

La altura total y el diámetro normal son variables determinadas a partir de árboles del mismo lugar de muestreo que se encuentran en rodales con distintas ubicaciones geográficas, ya que los datos procedentes de la misma unidad de muestreo tienden a coincidir más entre sí. En consecuencia, la estructura de estos datos es jerárquica. Esta estructura estocástica anidada conduce a una falta de independencia de las mediciones, ya que las observaciones de cada punto de muestreo pueden estar correlacionadas (Gregoire, 1987; Fox *et al.*, 2001 como se citó en Corral *et al.*, 2019, pp. 87, 88).

Una alternativa que supera las limitaciones anteriores es la estimación de la altura total en función del diámetro normal, que se define más rápida y correctamente mediante modelos matemáticos que relacionan ambas variables (Trincado y Leal, 2006 como se citó en Guerra *et al.*, 2019, p. 134). Para ello se han creado modelos asintóticos y lineales (principalmente por Rijal *et al.*, 2012; Arnoni et al., 2016; Duan et al., 2018 como se citó en (Guerra-De la Cruz *et al.*, 2019, p. 134), que permiten determinar con precisión la altura total de un árbol en función de su diámetro

normal. Además, afirman que los modelos no lineales realizan la estimación de datos significativamente mejor que los modelos lineales (Clutter *et al.* 1983, Ahmadi *et al.* 2013 y Mehtätalo *et al.* 2015 como se citó en Guerra *et al.*, 2019, p. 134)

1.3. Definición de términos básicos

Altura comercial.- Medido desde el suelo hasta el punto en que se conoce el diámetro comercial del eje (Cancino, 2012, p. 28)

Altura total.- Mida la distancia entre el suelo y la yema terminal del tallo (ápice) (Cancino, 2012, p. 27).

Censo forestal.- Uno o dos años antes de la tala, se lleva a cabo un estudio de todos los árboles de valor comercial de la masa (zona de tala anual), que incluye la delimitación de las masas, la apertura de pistas y la identificación, localización y evaluación de los árboles de valor comercial (Amaral *et al.*, 1989, p. 16).

Bosque de colina baja.- Crece en una región montañosa con ondulaciones en su configuración, y su relieve topográfico exhibe pendientes prominentes con una topografía compleja que oscila entre el 15% a 35%. (Fondo Nacional para áreas Naturales Protegidas por el Estado (PROFONANPE, 2007, p. 37).

Bosque: Zona cubierta de árboles y arbustos. En general, los bosques tienen muchos árboles maduros de diversas alturas y especies mezclados con capas bajas de vegetación, lo que distribuye eficazmente la luz solar (Quispe, 2010, p. 15).

Diámetro.- El DAP debe medirse perpendicularmente al eje del tronco a la altura adecuada (1,30 m) (Cancino, 2012, p. 27).

Especies: Conjunto de componentes que están conectados entre sí porque tienen una o más características en común (Rae y Asale, 2010, p. 1).

Modelo alométrico.- A partir de unos pocos factores fáciles de medir, como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y/o la altura total, las fórmulas matemáticas permiten realizar estimaciones (Loetsch, *et ál.*; 1973, Caillez, 1980, Husch, *et ál.*; 1982, Parresol, 1999, como se citó en Segura & Andrade, 2008, p. 90).

Modelo. - Una representación abstracta de la realidad. Los dos componentes que conforman su estructura son los elementos que definen la realidad modelada en el primero y las relaciones que existen entre esos elementos en el segundo (Regalado et al., 2005, p. 9).

Relación o Asociación.- Es la relación entre dos variables del mismo material de investigación que pueden desarrollarse (Beiguelman, 1994, como se citó en Vela, 2019, p. 12).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Existe relación del diámetro con la altura total y comercial de un bosque de colina baja, distrito de Maquia, Loreto, 2023.

2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición conceptual	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
Independiente					
Especies	Conjunto de componentes que están conectados entre sí porque tienen una o más características en común	Cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> - Numero de individuos - Número de especies - Número de géneros - Número de familias - DAP (cm) 	Cardinal	Fichas de registro de las especies forestales existentes en el bosque de estudio.
Diámetro	El DAP debe medirse perpendicularmente al eje del tronco a la altura adecuada (1,30 m)				Ficha de registro de base de datos.
Dependiente					
Altura total	Medido desde el suelo hasta el punto en que se conoce el diámetro comercial del eje	Cuantitativa	- Metros	Cardinal	Formato de registro de información de altura total por especie.
Altura comercial	Medido desde el suelo hasta el punto en que se conoce el diámetro comercial del eje		- Metros		Formato de registro de información de altura comercial por especie.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

Basado en el registro de datos dasométricos de individuos arbóreos de especies comerciales del bosque de colina baja, distrito de Maquia, Loreto, 2023, la investigación es descriptiva, cualitativa, cuantitativa. correlacional, no experimental y de nivel básico.

El estudio se realizó en el bosque de colina baja del plan operativo (PO) 7 de la parcela de corta PC 6, que tiene una superficie aproximada de 723,15 ha que se utiliza para el aprovechamiento forestal. Las coordenadas UTM que enmarcan al área de estudio son: V1 (9290613.00 N y 603560.25 E); V2 (9288113.00 N y 606560.25 E); V3 (9288113.00 N y 606560.25 E) y V4 (9285613.00 N y 603560.25 E). Políticamente, se ubica en la jurisdicción del distrito de Maquia, provincia de Requena, Región Loreto (Anexo 1).

3.2. Diseño muestral

La población de estudio estuvo formada por todos los árboles de especies comercialmente viables que se encuentran en el bosque de colina baja del plan operativo (PO) 7 de la parcela de tala PC 6 para permisos de tala y tengan un DAP mayor o igual que el diámetro mínimo de corta. La muestra fue representativa de toda la población porque se realizó un censo al 100%.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

El nombre de la especie, el DAP, la altura comercial, la altura total, las coordenadas UTM y algunas observaciones se indicaron en el formulario de recogida de datos junto con los datos de campo.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

La información del censo forestal de 2022 del bosque de investigación se utilizó en el procesamiento y análisis de datos. Los datos se recopilaron para cada árbol y especie.

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística

El Herbarium Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana realizó la verificación y determinación de 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

Comenzaremos con el diámetro a la altura del pecho (DAP). En el presente estudio se utilizó un intervalo de clase de 10 cm de acuerdo con las normas internacionales sobre normalización para permitir comparaciones con los resultados de otros estudios (Cárdenas, 1986, como se citó en Moreno, 2015, pp. 26, 27).

3.4.3. Modelo alométrico que mejor se ajusta a la altura total, comercial y por especie

Los datos se procesaron con el programa informático SPSS. Una vez construida la distribución de frecuencias de cada clase diamétrica, se trazó en un eje de coordenadas la correlación entre el diámetro (X) y la altura total y comercial registrada para cada clase diamétrica y por especie (Las más abundantes). El coeficiente de correlación (r), el coeficiente de determinación (R^2), el error estándar estimado (SEE) y la distribución ideal de los residuos se utilizaron para probar estadísticamente esta correlación. Se examinó un modelo alométrico lineal y 10 no lineales o curvilíneos.

Tabla 1. Modelos alométricos seleccionados para el estudio

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

Donde:

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

\ln = logaritmo natural

h = Altura total y comercial

d = Diámetro

Criterios para la selección del modelo alométrico

Para elegir las opciones se utilizó la ecuación alométrica con el mayor coeficiente de determinación (R^2). En caso de empate, se tubo en cuenta el menor error estándar estimado (SEE). En caso de persistir la igualdad, se eligió el modelo con la mejor distribución residual. De persistir la coincidencia al final, se optó por la ecuación que resultó más fácil de utilizar para trabajar.

3.4.4. Relación del diámetro con la altura total y altura comercial

Prueba de normalidad

Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos a partir del conocimiento del diámetro, altura total y comercial de los árboles individuales presentes en el bosque de investigación. Para ello, se expone 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

Como el resultado indica que los datos no son normales, se determinó la correlación mediante el coeficiente de correlación de no paramétrica de Rho de Spearman (Rosas & Zuñiga, 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

La fuerza de la relación entre ambas 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

3.5. Aspectos éticos

Este estudio se ajustó a los cuatro principios éticos fundamentales de autonomía, beneficencia, no maleficencia e imparcialidad. Tanto la participación en el estudio como la posibilidad de consultar los datos manteniendo el anonimato son opcionales.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Composición florística

La Tabla 2 incluye 81 especies de plantas distintas encontradas en colina baja. La variedad florística amplia indica un ecosistema rico y diverso, con especies pertenecientes a 25 diferentes familias botánicas y 69 generos. La familia más conocida es Fabaceae (con 14 especies), Myristicaceae (con 8 especies), Apocynaceae y Malvaceae (con 7 especies cada una) y Moraceae (con 6 especies). *Aspidosperma* e *Iryanthera*, con tres géneros cada una, son los géneros más significativos. Los bosques tropicales de la amazonía albergan a muchos miembros de estas familias. Además, ofrece una visión inestimable de la riqueza y diversidad de un bosque tropical. La información proporcionada puede utilizarse para comprender la ecología del bosque, la importancia de los esfuerzos de conservación y la posibilidad de un uso sostenible de los recursos. Dado que las plantas son los principales productores de los ecosistemas, conocer su composición es esencial para comprender cómo funcionan estos sistemas. Por ejemplo, la cantidad y variedad de especies vegetales presentes en un bosque influyen en la capacidad del ecosistema para almacenar energía, generar oxígeno y sustentar los tipos de animales que pueden prosperar en él.

Las zonas de alta diversidad florística son cruciales para la conservación de la biodiversidad. En estos lugares se puede encontrar una gran variedad de especies vegetales, muchas de ellas raras o en peligro de extinción. Por eso, para determinar qué lugares hay que conservar, hay que conocer la composición florística. Las plantas proporcionan a la humanidad una amplia gama de recursos naturales esenciales, como alimentos, fibras, medicinas y madera. Comprender la

composición florística permite identificar las especies que pueden utilizarse de forma sostenible.

En conclusión, el establecimiento de usos sostenibles de los recursos naturales, el reconocimiento de las zonas protegidas, la comprensión de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y la toma de decisiones bien informadas sobre la gestión de los recursos naturales dependen de la comprensión de la composición florística.

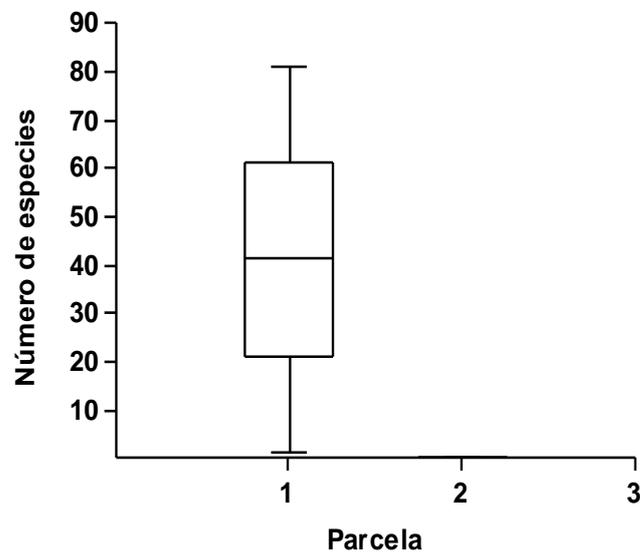


Gráfico 1. Abundancia y diversidad del número de especies

En el gráfico 1 se representan las 81 especies arbóreas que se encuentran en la zona investigada. Con 109 ejemplares registrados, *Eschweilera bracteosa* es la especie más común entre ellas. Dado que cada especie tiene una función distinta, la variedad de especies es necesaria para el funcionamiento de los ecosistemas.

Tabla 2. Composición florística del bosque de estudio

N°	Familia	Especie	
		Nombre científico	Nombre común
1	MYRISTICACEAE	<i>Otoba glyxicarpa</i>	Aguanillo
2	CARYOCARACEAE	<i>Caryocar microcarpum</i>	Almendo
3	FABACEAE	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Ana caspi
4	MELIACEAE	<i>Carapa procera</i>	Andiroba
5	LAURACEAE	<i>Ocotea fragrantissima</i>	Anis moena
6	ANNONACEAE	<i>Fusaea longifolia</i>	Anonilla
7	LAURACEAE	<i>Anaueria brasiliensis</i>	Añuje rumo
8	CHRYSOBALANACEAE	<i>Licania lata</i>	Apacharama
9	FABACEAE	<i>Macrobium angustifolium</i>	Azúcar huayo
10	MALVACEAE	<i>Guazuma crinita</i>	Bolaina
11	MALVACEAE	<i>Theobroma glaucum</i>	Cacahuillo
12	LECYTHIDACEAE	<i>Couratari guianensis</i>	Cachimbo
13	SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	Caimitillo
14	LAURACEAE	<i>Ocotea javitensis</i>	Canela moena
15	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Capirona
16	ANNONACEAE	<i>Guatteria olivacea</i>	Carahuasca
17	ANACARDIACEAE	<i>Anacardium parvifolium</i>	Casho
18	MORACEAE	<i>Brosimum parinarioides</i>	Caucho masha
19	MELIACEAE	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro
20	FABACEAE	<i>Dipteryx micrantha</i>	Charapilla
21	MORACEAE	<i>Brosimum utile</i>	Chingonga
22	FABACEAE	<i>Diploptropis purpurea</i>	Chontaquiro
23	CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i>	Chullachaqui caspi
24	FABACEAE	<i>Copaifera multijuga</i>	Copaiba
25	BURSERACEAE	<i>Protium crassipetalum</i>	Copal
26	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma spruceanum</i>	Culantrillo
27	FABACEAE	<i>Swartzia polyphylla</i>	Cumaceba
28	MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera elliptica</i>	Cumala
29	MYRISTICACEAE	<i>Otoba parvifolia</i>	Cumala aguanillo
30	MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera elliptica</i>	Cumala amarilla
31	MYRISTICACEAE	<i>Virola flexuosa</i>	Cumala caupuri
32	MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera lancifolia</i>	Cumala colorada
33	MYRISTICACEAE	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Cumala llorona
34	APOCYNACEAE	<i>Bocageopsis multiflora</i>	Espintana
35	FABACEAE	<i>Myroxylon balsamum</i>	Estoraque
36	EUPHORBIACEAE	<i>Hyeronima oblonga</i>	Fierro caspi
37	MORACEAE	<i>Clarisia ilicifolia</i>	Guariuba
38	RUBIACEAE	<i>Simira cordifolia</i>	Huacamayo caspi
39	OLACACEAE	<i>Minquartia guianensis</i>	Huacapu
40	FABACEAE	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Huayruro

41	EUPHORBIACEAE	<i>Nealchornea yapurensis</i>	Huira caspi
42	CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum longifolium</i>	Lagarto caspi
43	APOCYNACEAE	<i>Couma macrocarpa</i>	Leche caspi
44	MORACEAE	<i>Naucleopsis concinna</i>	Llanchama
45	MALVACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	Lupuna
46	LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera bracteosa</i>	Machimango
47	FABACEAE	<i>Vatairea erythrocarpa</i>	Mari mari
48	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i>	Marupa
49	SAPOTACEAE	<i>Manilkara bidentata</i>	Masaranduba
50	EUPHORBIACEAE	<i>Caryodendron orinocense</i>	Metohuayo
51	LAURACEAE	<i>Ocotea leucoxylon</i>	Moena
52	APOCYNACEAE	<i>Parahancornia peruviana</i>	Naranjo podrido
53	LAMIACEAE	<i>Vitex klugii</i>	Paliperro
54	MORACEAE	<i>Brosimum guianense</i>	Palisangre
55	EUPHORBIACEAE	<i>Gavarretia terminalis</i>	Panguana
56	LECYTHIDACEAE	<i>Allantoma decandra</i>	Papelillo
57	CHRYSOBALANACEAE	<i>Parinari parilis</i>	Parinari
58	FABACEAE	<i>Parkia multijuga</i>	Pashaco
59	FABACEAE	<i>Parkia aff. panurensis</i>	Pashaco colorado
60	MALVACEAE	<i>Apeiba tibourbou</i>	Peine de mono
61	MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera tricornis</i>	Pucuna caspi
62	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Pumaquiro
63	ASTERACEAE	<i>Piptocoma discolor</i>	Quillobara
64	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma schultesii</i>	Quillobordon
65	VCHYSIACEAE	<i>Vochysia lomatophylla</i>	Quillosisa
66	SAPOTACEAE	<i>Pouteria hispida</i>	Quinilla
67	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma excelsum</i>	Remo caspi
68	MORACEAE	<i>Ficus dugandii</i>	Renaco
69	MELIACEAE	<i>Guarea guidonia</i>	Requia
70	MALVACEAE	<i>Lueheopsis althaeiflora</i>	Sapotillo
71	FABACEAE	<i>Dipteryx odorata</i>	Shihuahuaco
72	FABACEAE	<i>Inga aff. dumosa</i>	Shimbillo
73	EUPHORBIACEAE	<i>Hevea brasiliensis</i>	Shiringa
74	POLYGONACEAE	<i>Triplaris peruviana</i>	Tangarana
75	FABACEAE	<i>Cynometra martiana</i>	Tigrillo
76	FABACEAE	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Tornillo
77	ANNONACEAE	<i>Duguetia spixiana</i>	Tortuga caspi
78	COMBRETACEAE	<i>Terminalia dichotoma</i>	Yacushapana
79	CHRYSOBALANACEAE	<i>Parinari klugii</i>	Yesca caspi
80	MALVACEAE	<i>Matisia cordata</i>	Zapote
81	MALVACEAE	<i>Matisia obliquifolia</i>	Zapotillo

4.2. Número de árboles por clase diamétrica

El número de árboles pertenecientes a 81 especies distintas que se pueden encontrar en este bosque se muestra en la Tabla 3. Los grupos de especies se distinguen en función del diámetro a la altura del pecho (DAP). Hay un rango de 10 cm para cada clase de diámetro, que va de 10 cm a 90 cm o más (A+). Para cada especie y clase diamétrica se indica el número de árboles por hectárea (Nº de árboles/ha) y el número total de árboles registrados (Nº de árboles).

Hay 1,005 árboles por hectárea en este bosque, de un total de 728 árboles en la zona. Además, la clase con diámetros de 20-29 cm registra el mayor número de árboles, con 162 árboles/ha; le siguen las clases con diámetros de 30-39 cm (0,223 árboles/ha), 40-49 cm (0,219 árboles/ha) y 40-49 cm (143 árboles). Las clases con diámetros de 90 cm y más presentan los valores más bajos, con ocho árboles/ha; 80-89 cm (0,019 árboles/ha); y 70-79 cm (0,024 árboles/ha, 17 árboles).

A medida que aumenta el diámetro del tronco, disminuye la abundancia de árboles. En los bosques tropicales, donde los árboles más grandes son menos frecuentes que los más pequeños, esto es típico. Mientras que algunas especies se concentran en determinadas clases, otras se distribuyen de forma bastante uniforme entre las distintas clases diamétricas. Por ejemplo, *Parkia multijuga* se encuentra sobre todo en las clases diamétricas más grandes, mientras que *Eschweilera bracteosa* es bastante abundante en las clases diamétricas más bajas.

A medida que aumenta el diámetro del tronco, también lo hace el número total de especies. Esto implica que los árboles más pequeños tienen una mayor diversidad de especies. Con 109 individuos documentados (0,151 árboles/ha), *Eschweilera bracteosa* es la especie más común en la zona examinada. *Iryanthera elliptica* es

la segunda más común (0,137 árboles/ha, 99 árboles). Sólo uno o dos individuos están presentes para treinta especies diferentes.

Con 45 especies presentes, la clase de diámetro de 40-49 cm presenta la mayor riqueza de especies. Le siguen la de 30-39 cm, con 44 especies, y la de 50-59 cm, con 43 especies. La información proporcionada puede ayudar a orientar las decisiones de gestión forestal y a comprender mejor la dinámica y la estructura de los bosques.

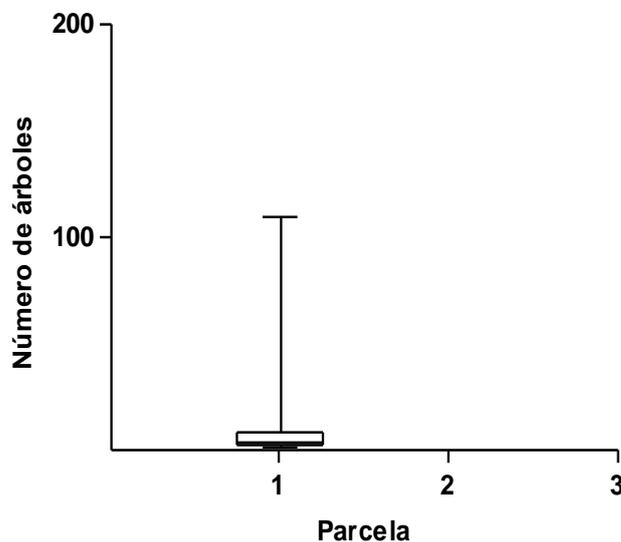


Gráfico 2. Distribución de la abundancia de árboles

En el gráfico 2 se ofrece una visión general de la cantidad de árboles en el área de estudio. Se ha observado que *Eschweilera bracteosa* tiene el valor más alto (109 árboles). Además de utilizarse para promover técnicas de gestión forestal, los datos suministrados pueden utilizarse para comprender la dinámica y la estructura del bosque.

La estabilidad y el bienestar de los bosques vienen indicados por la cantidad de árboles. Dado que son esenciales para el funcionamiento del ecosistema, las especies más numerosas suelen ser las más significativas. Además, las actividades

de gestión forestal, como la tala y la reforestación, pueden planificarse utilizando la distribución de la abundancia de árboles.

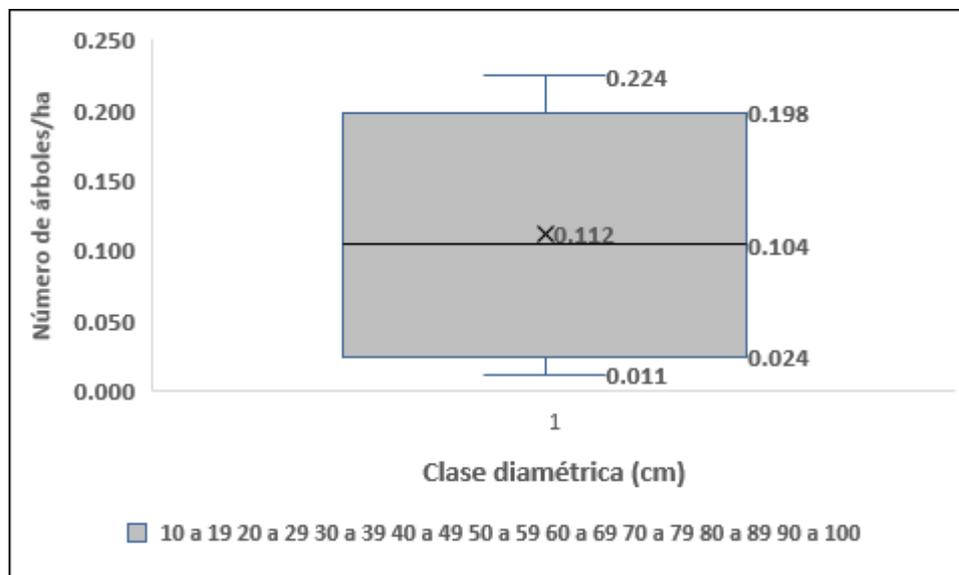


Gráfico 3. Distribución del número de árboles por hectárea

La mediana y los cuartiles primero y tercero de los datos se muestran en el gráfico 3 dentro del recuadro de los bigotes. El valor que divide los datos en dos mitades iguales se denomina mediana. En este caso, la mediana es de 0,112 árboles por hectárea. Esto indica que el 50% de los árboles en el área estudiada tienen una abundancia de 0,112 árboles por hectárea o menos, y el 50% tiene una abundancia de 0,112 árboles por hectárea o más. El número que divide los datos en la mitad inferior se conoce como primer cuartil; en este ejemplo, es 0,024 árboles por hectárea.

El tercer cuartil es el número que divide los datos en la mitad superior; en este ejemplo, es 0,198 árboles por hectárea. Esto indica que el 25% de los árboles de la zona examinada tienen una abundancia de 0,024 árboles por hectárea o menos. Esto significa que una abundancia de 0,198 árboles por hectárea o menos está presente en el 75% de los árboles de la zona analizada. Los valores atípicos, o

valores que quedan fuera del rango de los datos típicos, están representados por los bigotes. En este caso, los valores atípicos son 0,011 y 0,224 árboles por hectárea. Esto sugiere que algunos árboles de la zona de investigación son muy poco comunes o están en mal estado de salud. Además, puede significar que son enormes o que crecen rápidamente.

Tabla 3. Número de árboles por clase diamétrica y por especie

N°	Especies	10	20	30	40	50	60	70	80	90 A +	N° de árb/ha	N° de árb
		A 19	A 29	A 39	A 49	A 59	A 69	A 79	A 89			
1	<i>Eschweilera bracteosa</i>	0,018	0,058	0,050	0,010	0,007	0,006		0,003		0,151	109
2	<i>Iryanthera elliptica</i>	0,019	0,051	0,035	0,019	0,008	0,004				0,137	99
3	<i>Pouteria hispida</i>	0,006	0,007	0,011	0,012	0,012	0,001	0,001	0,001		0,053	38
4	<i>Ocotea leucoxylon</i>	0,004	0,007	0,003	0,017	0,010	0,006				0,046	33
5	<i>Parkia multijuga</i>	0,001		0,010	0,001	0,011	0,004	0,010	0,003	0,003	0,043	31
6	<i>Inga aff. dumosa</i>	0,004	0,003	0,015	0,004	0,004	0,001				0,032	23
7	<i>Macrobium angustifolium</i>			0,006	0,010	0,011	0,003				0,029	21
8	<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	0,003	0,008	0,010	0,007	0,001					0,029	21
9	<i>Vatairea erythrocarpa</i>		0,001	0,001	0,010	0,007	0,004	0,001	0,003		0,028	20
10	<i>Otoba parvifolia</i>	0,001	0,006	0,008	0,006	0,003					0,024	17
11	<i>Simarouba amara</i>	0,001			0,008	0,006	0,001	0,001			0,018	13
12	<i>Iryanthera tricornis</i>		0,014	0,001	0,001						0,017	12
13	<i>Parkia aff. panurensis</i>			0,003	0,003	0,006	0,003		0,003		0,017	12
14	<i>Apeiba tibourbou</i>	0,004	0,003	0,001	0,004	0,004					0,017	12
15	<i>Carapa procera</i>	0,003		0,004	0,004	0,004					0,015	11
16	<i>Guatteria olivacea</i>	0,001	0,006		0,004	0,004					0,015	11
17	<i>Triplaris peruviana</i>		0,004		0,004	0,006	0,001				0,015	11
18	<i>Osteophloeum platyspermum</i>		0,003	0,006	0,004			0,001			0,014	10
19	<i>Brosimum guianense</i>			0,001	0,004	0,006	0,001				0,012	9
20	<i>Caryocar microcarpum</i>				0,004	0,001		0,004	0,001	0,001	0,012	9
21	<i>Couratari guianensis</i>		0,003	0,003	0,001	0,001		0,001	0,001		0,011	8
22	<i>Duguetia spixiana</i>	0,006	0,003	0,003							0,011	8
23	<i>Guarea guidonia</i>			0,004	0,003	0,003	0,001				0,011	8
24	<i>Nealchornea yapurensis</i>		0,006		0,006						0,011	8
25	<i>Parinari parilis</i>		0,003	0,003	0,003	0,003					0,011	8

26	<i>Terminalia dichotoma</i>		0,003	0,003		0,003	0,001	0,001		0,011	8
27	<i>Anacardium parvifolium</i>	0,003		0,003	0,003	0,001				0,010	7
28	<i>Anaueria brasiliensis</i>		0,003		0,006	0,001				0,010	7
29	<i>Ocotea javitensis</i>		0,003	0,004	0,003					0,010	7
30	<i>Matisia cordata</i>	0,003	0,001			0,001	0,001		0,001	0,008	6
31	<i>Parahancornia peruviana</i>		0,006		0,001	0,001				0,008	6
32	<i>Protium crassipetalum</i>		0,003	0,003		0,001			0,001	0,008	6
33	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001				0,007	5
34	<i>Cedrela fissilis</i>	0,003		0,001			0,001	0,001		0,007	5
35	<i>Ormosia macrocalyx</i>				0,006	0,001				0,007	5
36	<i>Aspidosperma excelsum</i>	0,001			0,003	0,003				0,007	5
37	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	0,001		0,001	0,001				0,003	0,007	5
38	<i>Diploptropis purpurea</i>				0,004	0,003				0,007	5
39	<i>Clarisia ilicifolia</i>	0,001	0,001	0,001	0,001					0,006	4
40	<i>Gavarretia terminalis</i>					0,003	0,003			0,006	4
41	<i>Iryanthera lancifolia</i>	0,004			0,001					0,006	4
42	<i>Minuartia guianensis</i>	0,003	0,001	0,001						0,006	4
43	<i>Piptocoma discolor</i>	0,001				0,001	0,003			0,006	4
44	<i>Virola flexuosa</i>		0,003	0,003						0,006	4
45	<i>Vitex klugii</i>				0,006					0,006	4
46	<i>Bocageopsis multiflora</i>		0,003	0,001						0,004	3
47	<i>Guazuma crinita</i>			0,003		0,001				0,004	3
48	<i>Hevea brasiliensis</i>			0,001	0,001	0,001				0,004	3
49	<i>Ocotea fragrantissima</i>	0,001		0,001	0,001					0,004	3
50	<i>Otoba glyxicarpa</i>	0,001		0,001		0,001				0,004	3
51	<i>Vochysia lomatophylla</i>		0,003		0,001					0,004	3
52	<i>Allantoma decandra</i>					0,001	0,001			0,003	2
53	<i>Brosimum utile</i>					0,001	0,001			0,003	2
54	<i>Calycophyllum spruceanum</i>			0,003						0,003	2

55	<i>Caryodendron orinocense</i>		0,001	0,001					0,003	2		
56	<i>Ceiba pentandra</i>			0,001			0,001		0,003	2		
57	<i>Copaifera multijuga</i>	0,001	0,001						0,003	2		
58	<i>Couma macrocarpa</i>		0,001	0,001					0,003	2		
59	<i>Cynometra martiana</i>		0,001		0,001				0,003	2		
60	<i>Iryanthera elliptica</i>		0,001	0,001					0,003	2		
61	<i>Simira cordifolia</i>		0,001	0,001					0,003	2		
62	<i>Swartzia polyphylla</i>		0,003						0,003	2		
63	<i>Symphonia globulifera</i>	0,003							0,003	2		
64	<i>Apuleia leiocarpa</i>			0,001					0,001	1		
65	<i>Aspidosperma schultesii</i>	0,001							0,001	1		
66	<i>Aspidosperma spruceanum</i>				0,001				0,001	1		
67	<i>Brosimum parinarioides</i>						0,001		0,001	1		
68	<i>Calophyllum longifolium</i>	0,001							0,001	1		
69	<i>Dipteryx micrantha</i>						0,001		0,001	1		
70	<i>Dipteryx odorata</i>			0,001					0,001	1		
71	<i>Ficus dugandii</i>						0,001		0,001	1		
72	<i>Fusaea longifolia</i>	0,001							0,001	1		
73	<i>Hyeronima oblonga</i>					0,001			0,001	1		
74	<i>Licania lata</i>	0,001							0,001	1		
75	<i>Lueheopsis althaeiflora</i>	0,001							0,001	1		
76	<i>Manilkara bidentata</i>		0,001						0,001	1		
77	<i>Matisia obliquifolia</i>	0,001							0,001	1		
78	<i>Myroxylon balsamum</i>			0,001					0,001	1		
79	<i>Naucleopsis concinna</i>		0,001						0,001	1		
80	<i>Parinari klugii</i>				0,001				0,001	1		
81	<i>Theobroma glaucum</i>		0,001						0,001	1		
Total		0,104	0,224	0,223	0,198	0,153	0,051	0,024	0,019	0,011	1,005	728
Total general		75	162	161	143	111	37	17	14	8		728

4.3. Modelo alométrico que se ajustó a la altura total y comercial

4.3.1. Promedio de altura total de los árboles

La tabla 4 presenta la altura media total de los árboles clasificados por clase diamétrica. El diámetro del tronco del árbol, expresado en centímetros, se denomina clase diamétrica. A medida que aumenta la clase diamétrica, aumenta también la altura media de los árboles. La altura media de un árbol con un diámetro de 10 cm es de 13,37 metros. La altura media de un árbol con un diámetro de 90 centímetros es de 22,63 metros.

Existe una relación lineal entre el diámetro del tronco y la altura. Esto indica que cuando el diámetro crece, la altura aumenta a un ritmo constante. En general, los datos indican que los árboles más altos son también los más grandes. Esto tiene sentido porque los árboles con un diámetro mayor pueden crecer más altos porque tienen más madera.

Tabla 4. Promedio de altura total de los árboles

Clase diamétrica (cm)	Altura promedio (m)
10	13,37
20	14,91
30	16,44
40	17,43
50	18,44
60	19,38
70	20,59
80	21,00
90	22,63

Las conclusiones de la tabla tienen importantes repercusiones en la gestión de los bosques. Los silvicultores deberían concentrarse en cultivar árboles más grandes porque son más útiles como madera de construcción. También son más resistentes

a las enfermedades y al viento. Así pues, para aumentar la resistencia de los bosques, los silvicultores deberían pensar en plantar árboles grandes.

En el gráfico 4 se muestra la relación entre la altura media total de los árboles y la clase diamétrica, es decir, el diámetro del tronco expresado en centímetros. Las estadísticas del gráfico muestran que cuando aumenta la clase diamétrica, aumenta también la altura media de los árboles. La altura media de un árbol con un diámetro de 10 cm es de 13,37 metros. La altura media de un árbol con un diámetro de 90 cm es de 22,63 metros.

La altura y el diámetro del tronco tienen una relación lineal que concuerda con la teoría. Los árboles con un diámetro mayor pueden aguantar más peso, ya que tienen más madera. En consecuencia, pueden llegar a ser más altos.

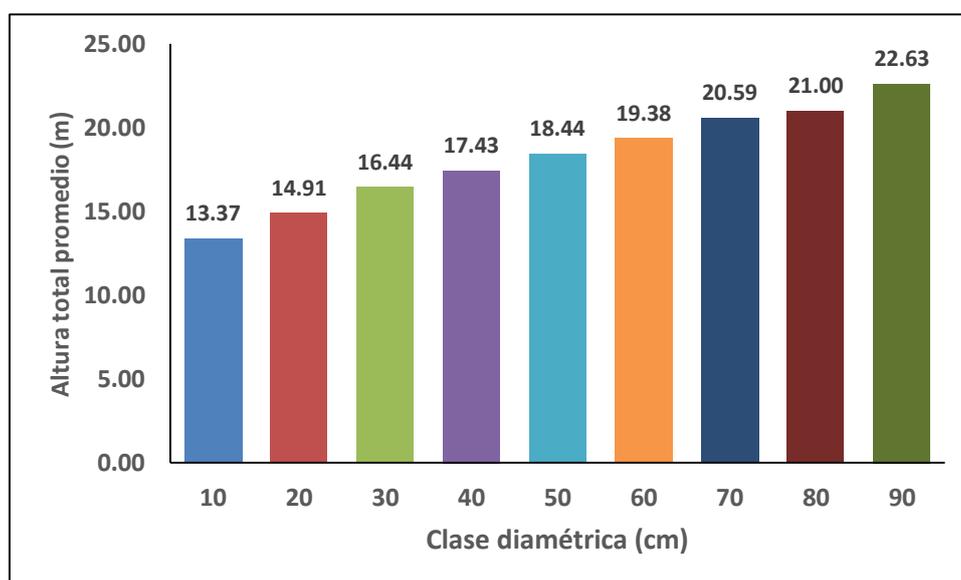


Gráfico 4. Altura total promedio de los árboles

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

En la Tabla 5 se incluyen diversos modelos alométricos, cada uno de ellos representado por una única ecuación matemática. La calidad del ajuste del modelo

a los datos se indica mediante las columnas r , R^2 (coeficiente de correlación y determinación), R^2 modificado y SEE (error estándar de estimación). El modelo se ajusta mejor cuando el valor R^2 se aproxima a 1. Los residuos, o las discrepancias entre los valores observados y los valores predichos por el modelo, se muestran en la última columna. Los residuos escasos y pequeños son características de un modelo satisfactorio.

Las estadísticas presentadas pueden indicar que determinados modelos se ajustan mejor que otros. Como ilustración de un ajuste fuerte a los datos, el modelo lineal parece tener un R^2 alto (0,989) y un SEE bajo (0,342). La significación estadística de los modelos se evalúa a partir de los valores del estadístico F (612,736), que representan la significación del modelo. Los números mayores significan mayor significación y Sig (0,000). El p-valor relacionado con el estadístico F. Un valor pequeño (inferior a 0,05) sugiere que el modelo es importante. $R^2=0,989$, el coeficiente de determinación, indica el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente que el modelo puede explicar. Se prefiere un valor cercano a 1. El R^2 ajustado = 0,987 es similar al R^2 , pero corregido en función del número de predictores. Mide la bondad del ajuste después de ajustar por la cantidad de variables que son independientes. Una medida de la dispersión de los residuos es el error estándar de estimación (SEE=0,342). Los valores bajos indican un mejor ajuste. El coeficiente vinculado a la variable independiente (pendiente) en la ecuación $b_1=0,109$ es la constante (const=12,780) (intercepción), y el error residual del modelo se muestra por el valor de 0,818.

Esta tabla, que proporciona detalles sobre el grado de ajuste, los parámetros estimados y la significación estadística de cada modelo con respecto a la altura total media, pone de relieve la evaluación de múltiples modelos alométricos. Los bajos valores del error estándar de estimación (SEE), un elevado coeficiente de determinación (R^2) que sugiere un fuerte ajuste a los datos, y una elevada significación estadística (bajo p-valor) caracterizan el modelo lineal $y=12,780 + 0,109 x$, donde x es la variable independiente (DAP) relacionada con la altura total media, es la ecuación lineal del modelo ajustado. El valor de y en x cero está representado por la constante (12,780), y la pendiente (0,109) muestra la rapidez con que cambia y en relación con x (DAP).

$$Y = 12,780 + 0,109 (\text{DAP})$$

Tabla 5. Modelos alométricos evaluados a la altural 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	8	612,736	0,000	12,780	0,109			0,994	0,989	0,987	0,342	0,818
Logarítmica	1	8	130,856	0,000	3,059	4,076			0,974	0,949	0,942	0,725	3,679
Inversa	1	8	21,080	0,003	21,118	-91,439			0,866	0,751	0,715	1,606	18,062
Cuadrático	1	8	467,701	0,000	12,156	0,143	0,000		0,997	0,994	0,992	0,277	0,462
Cúbico	3	8	550,257	0,000	11,295	0,226	-0,002	1,306E-5	0,998	0,997	0,995	0,209	0,219
Compuesto	1	8	239,319	0,000	13,247	1,006			0,986	0,972	0,968	0,031	0,007
Potencia	1	8	301,306	0,000	7,513	0,235			0,989	0,977	0,974	0,028	0,005
S-curva	1	8	30,049	0,001	3,061	-5,395			0,901	0,811	0,784	0,079	0,044
Crecimiento	1	8	239,319	0,000	2,584	0,006			0,986	0,972	0,968	0,031	0,007
Exponencial	1	8	239,319	0,000	13,247	0,006			0,986	0,972	0,968	0,031	0,007
Logística	1	8	239,319	0,000	0,075	0,994			0,986	0,972	0,968	0,031	0,007

En el gráfico 5 se muestra la relación entre la altura total media de los árboles y el DAP (diámetro a la altura del pecho). La altura se mide en metros y el DAP en centímetros. El gráfico indica que la altura de un árbol aumenta con su DAP. Debido a la naturaleza lineal de la relación, la altura aumenta aproximadamente la misma cantidad por cada aumento del DAP.

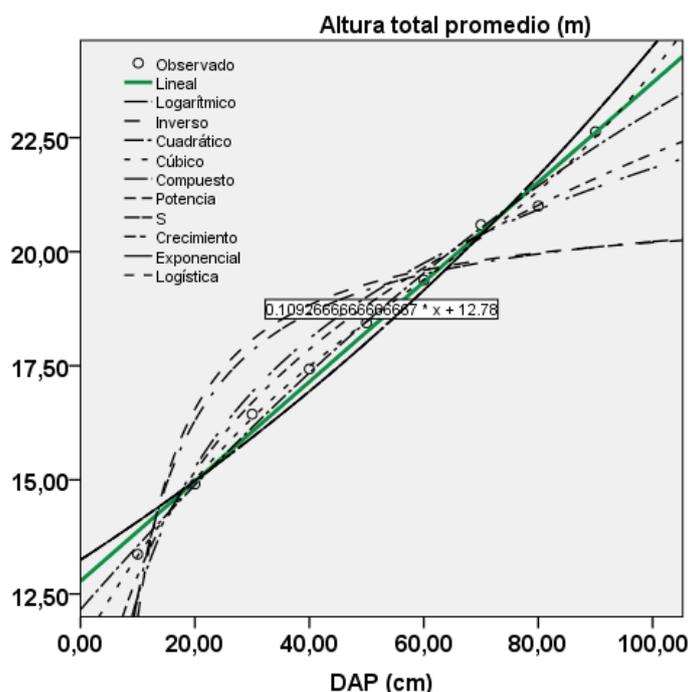


Gráfico 5. Modelo alométrico ajustado a la altura total promedio

4.3.3. Promedio de altura comercial de los árboles

La altura comercial media de los árboles se muestra en la Tabla 6, desglosada por clase diamétrica. El diámetro del árbol, medido a una altura de 1,30 metros, se denomina su clase diamétrica. Los resultados indican que cuando aumenta la clase de diámetro, también lo hace la altura comercial de los árboles. Por ejemplo, los árboles con un diámetro de 10 centímetros suelen alcanzar una altura comercial de 9,75 metros, pero los árboles con un diámetro de 90 centímetros suelen alcanzar una altura comercial de 17,38 metros.

La razón de este aumento de la altura comercial es que, cuando los árboles envejecen, su altura aumenta más que su diámetro. Además, los árboles de mayor diámetro suelen tener estructuras más fuertes, lo que les permite soportar alturas mayores. Los silvicultores pueden determinar la altura comercial de los árboles de un bosque con la información de esta tabla. A la hora de preparar las operaciones de tala de árboles, esto puede ser crucial.

Tabla 6. Promedio de altura comercial de los árboles

Clase diamétrica (cm)	Altura promedio (m)
10	9,75
20	9,83
30	11,35
40	12,90
50	14,16
60	15,65
70	15,82
80	15,36
90	17,38

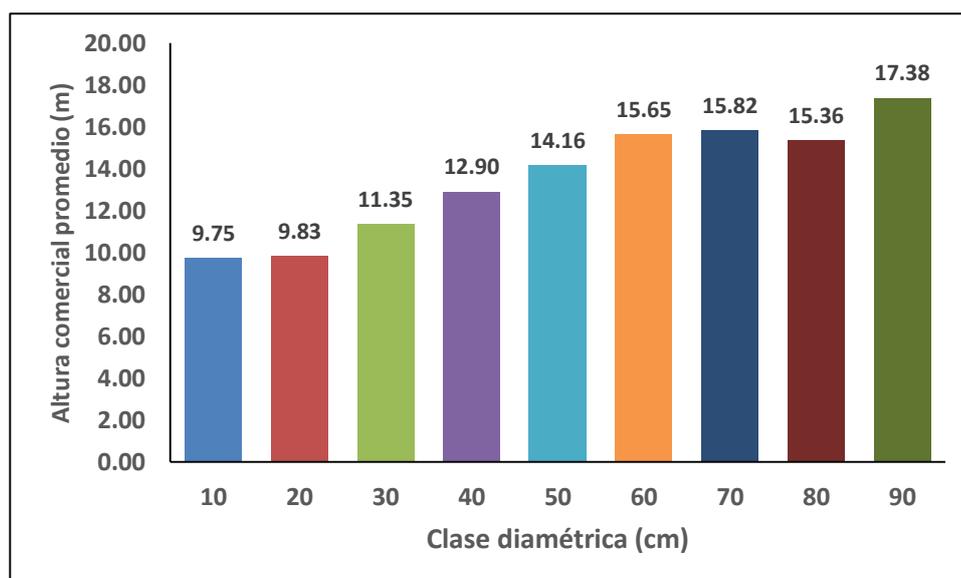


Gráfico 6. Altura comercial promedio de los árboles

En el gráfico 7 se representa la altura comercial media de los árboles en función de la clase diamétrica. Presenta barras proporcionales a los valores que representan y una escala aceptable. Por ejemplo, la altura comercial media de los árboles de la clase diamétrica de 30 centímetros es de 11,35 metros, pero la altura comercial media de los árboles de la clase diamétrica de 40 centímetros es de 12,90 metros. Numerosos factores, como las especies arbóreas, las condiciones del lugar y la gestión forestal, podrían ser la causa de esta variabilidad.

La tabla 6 resume el ajuste de varios modelos alométricos a los datos de altura comercial media, evaluando la significación estadística de cada modelo, la calidad del ajuste y otros factores relacionados.

En este caso, F es igual a 106,431. El valor de significación asociado al estadístico F se denomina Sig. Sig.=0,000 en este caso sugiere que el modelo es típicamente significativo. Los parámetros estimados de la ecuación del modelo incluyen la constante o intercepto b_0 (const. 8,678). El coeficiente b_1 (0,098) en la ecuación del modelo relacionado con el predictor. La diferencia (r) de valor entre los valores previstos y los reales. Aquí, r es igual a 0,969. El coeficiente de determinación (R^2). En este caso, el modelo explica el 93,8% de la variabilidad de la altura comercial media ($R^2=0,938$). El R^2 ajustado o coeficiente de determinación ajustado. En este caso, el R^2 corregido es de 0,929. El error típico de la estimación (SEE=0,736). Cuanto mejor se ajuste el modelo a los datos, menor será esta cifra. El error residual medio está representado por el residual=3,790.

En resumen, un estadístico F significativo indica que al menos una de las variables predictoras del modelo es significativa. El modelo lineal se ajustó a la asociación entre el DAP y la altura comercial media. Además, es posible que el modelo no se

ajuste a los datos ajustados todo lo bien que podría porque el R^2 ajustado es bastante bajo. El SEE ofrece una medida de la dispersión de los datos en torno a la línea de regresión, mientras que el coeficiente de correlación (r) refleja la dirección y la fuerza de la asociación entre las variables.

$$Y = 8,678 + 0,098 (\text{DAP})$$

Tabla 7. Modelos alométricos evaluados a la altural comercial 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	8	106,431	0,000	8,678	0,098			0,969	0,938	0,929	0,736	3,790
Logarítmica	1	8	60,125	0,000	-0,003	3,646			0,946	0,896	0,881	0,975	6,404
Inversa	1	8	14,423	0,007	16,084	-79,724			0,821	0,673	0,627	1,693	20,067
Cuadrático	2	8	60,746	0,000	7,687	0,152	-0,001		0,976	0,953	0,937	0,694	2,890
Cúbico	3	8	36,662	0,001	8,506	0,074	0,001	-1,242E-5	0,978	0,957	0,930	0,731	2,670
Compuesto	1	8	84,956	0,000	9,143	1,008			0,961	0,924	0,913	0,063	0,028
Potencia	1	8	76,456	0,000	4,606	0,285			0,957	0,916	0,904	0,066	0,031
S-curva	1	8	17,461	0,004	2,788	-6,343			0,845	0,714	0,673	0,122	0,105
Crecimiento	1	8	84,956	0,000	2,213	0,008			0,961	0,924	0,913	0,063	0,028
Exponencial	1	8	84,956	0,000	9,143	0,008			0,961	0,924	0,913	0,063	0,028
Logística	1	8	84,956	0,000	0,109	0,993			0,961	0,924	0,913	0,063	0,028

Se exhibe en el séptimo gráfico la correlación existente entre la dimensión del diámetro a la altura del pecho (DAP), expresada en centímetros, y la altura comercial promedio de un árbol, la cual se encuentra representada en metros.

La mejor adaptación a los datos se logra mediante una función lineal, evidenciada por un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,938$. Esto indica que el 93% de la variabilidad en la altura comercial promedio puede atribuirse a las fluctuaciones en

el DAP. La expresión de la función lineal adopta la forma $y = a + bx$, donde "a" representa la pendiente de la línea y "b" la intersección con el eje y. En este contexto, la pendiente (a) se establece en 8,678, y la intersección con el eje y (b) se fija en 0,098. En términos prácticos, esto implica que la altura comercial promedio aumenta en 0,098 metros por cada centímetro de incremento en el DAP.

De manera global, el gráfico indica un aumento en la altura comercial promedio de un árbol conforme al incremento del DAP. La función lineal destaca como el ajuste más apropiado, indicando así que la relación entre la altura comercial promedio y el DAP sigue un patrón lineal.

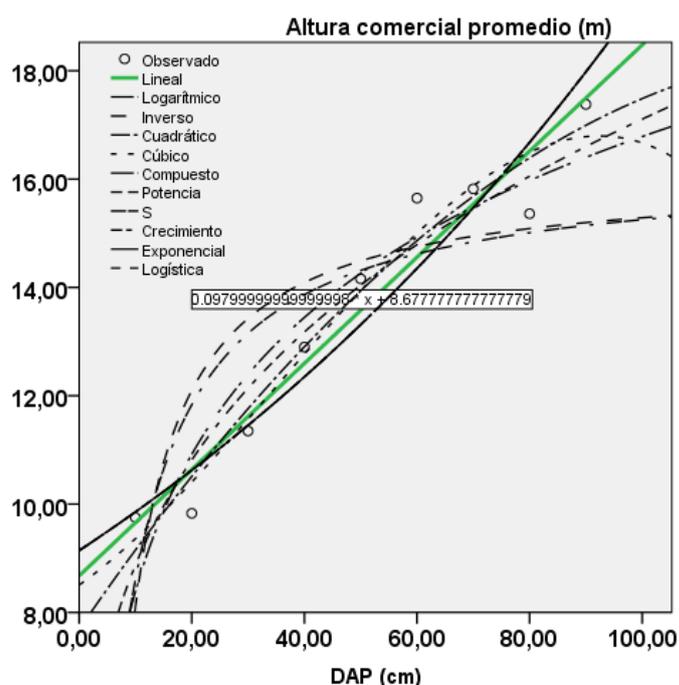


Gráfico 7. Modelo alométrico ajustado a la altura comercial promedio

4.4. Relación del diámetro con la altura total y comercial

4.4.1. Prueba de normalidad

Los resultados de la evaluación de normalidad para tres variables, a saber, altura total, altura comercial y DAP (Diámetro a la altura del pecho), se presentan en la Tabla 8. La prueba de normalidad, empleando el estadístico de Kolmogorov-

Smirnov, fue utilizada con el propósito de determinar si una muestra de datos sigue una distribución normal.

Para la variable de altura total, se obtiene un estadístico de Kolmogorov-Smirnov de 0,075, con 728 grados de libertad y un valor de significancia (p-valor) de 0,000. En los análisis estadísticos, el p-valor se compara típicamente con un umbral (nivel de significancia) para determinar si se rechaza la hipótesis nula. En este escenario, el p-valor es notablemente bajo (0,000), indicando con firmeza la evidencia para rechazar la hipótesis nula, que postula que los datos siguen una distribución normal. En consecuencia, se concluye que la variable de altura total no exhibe una distribución normal.

En congruencia con la interpretación previa, para la variable de altura comercial, el p-valor es significativamente bajo (0,000), indicando de manera concluyente la presencia de evidencia para rechazar la hipótesis nula que postula que los datos se distribuyen normalmente. En consecuencia, se establece que la variable de altura comercial no sigue una distribución normal.

De manera análoga a las interpretaciones anteriores, la variable DAP presenta un p-valor notablemente bajo (0,000), indicando con solidez la existencia de evidencia para rechazar la hipótesis nula que asume una distribución normal de los datos. En consecuencia, se concluye que la variable DAP no sigue una distribución normal.

La gráfica 8 engloba los valores extremos y atípicos relacionados con el DAP y la altura comercial de las especies forestales. En todos los escenarios, la mediana no logra dividir equitativamente la caja de bigotes, indicando así que los datos no exhiben una distribución normal. Además, se puede afirmar que el gráfico de altura total carece de información atípica, sugiriendo que estos datos son más homogéneos en comparación con los de DAP y altura comercial.

Tabla 8. Prueba de normalidad del DAP, altura total y comercial

Prueba de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
Altura total	,075	728	,000
Altura comercial	,153	728	,000
DAP	,077	728	,000

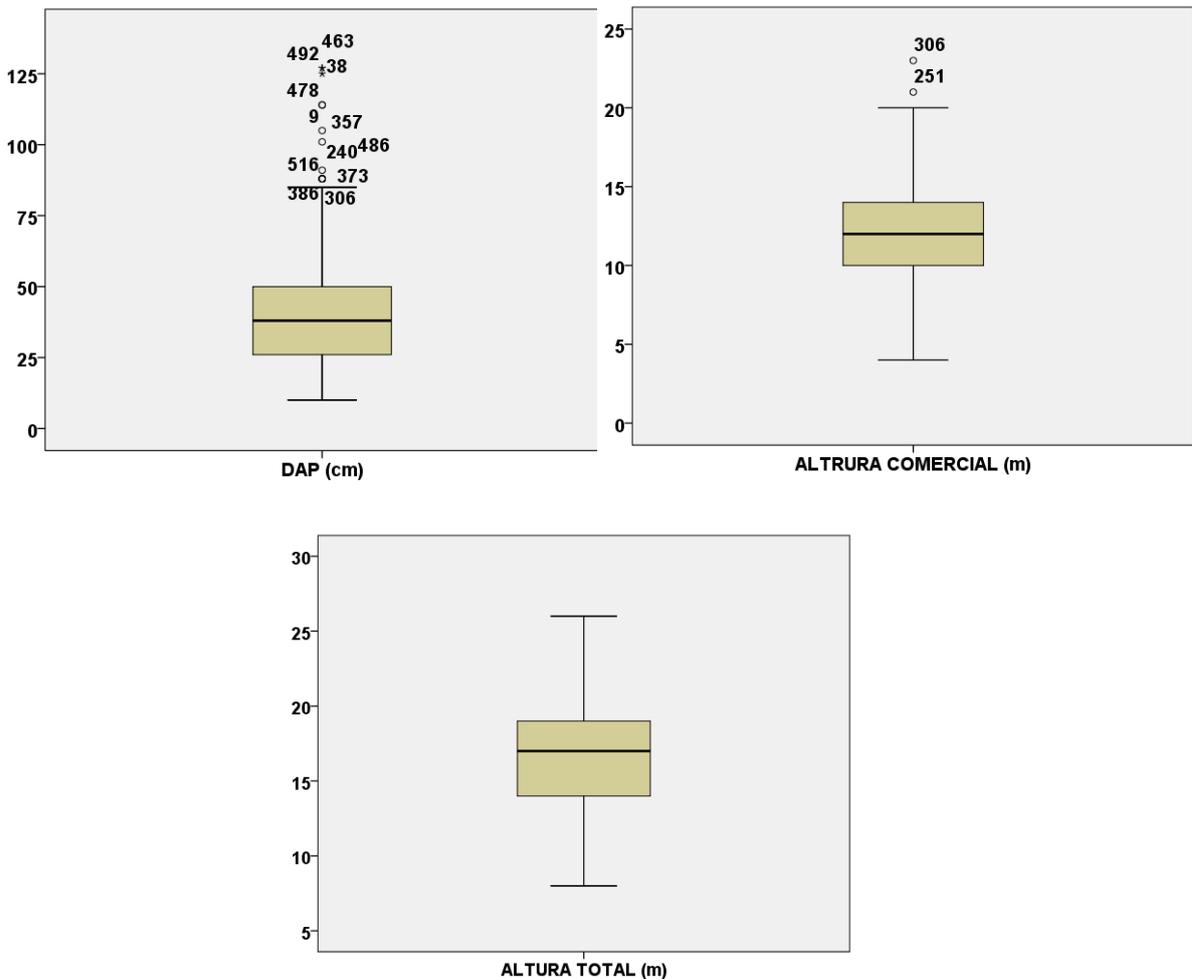


Gráfico 8. Diagrama de caja de bigotes para el DAP, altura comercial y total

4.4.2. Relación del diámetro con la altura comercial y total

Los resultados del análisis de correlación entre dos variables, específicamente diámetro y altura total, así como diámetro y altura comercial, se presentan en las Tablas 9 y 10. Para llevar a cabo esta evaluación, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman, una medida no paramétrica de la correlación.

El coeficiente de correlación entre el diámetro y la altura total es de 0,595, mientras que para el diámetro y la altura comercial es de 0,652. La evaluación de la significación estadística se realiza a través del p-valor (Sig. o Significación bilateral). En este caso, el p-valor es muy bajo, registrado como 0,000, indicando una correlación significativa a un nivel de confianza del 0,01 (dos colas). Esta constatación revela una relación estadísticamente significativa de magnitud moderada entre el diámetro y la altura total, así como entre el diámetro y la altura comercial.

Tabla 9. Correlación del DAP con altura total

		Correlación		
			DAP	Altura total
Rho de Spearman	DAP	Coeficiente de correlación	1,000	,595**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	728	728
	Altura total	Coeficiente de correlación	,595**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	728	728

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla 10. Correlación del DAP con altura comercial

		Correlación		
			DAP	Altura comercial
Rho de Spearman	DAP	Coeficiente de correlación	1,000	,652**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	728	728
	Altura comercial	Coeficiente de correlación	,652**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	728	728

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Los gráficos 9 y 10 exhiben la relación entre la altura total, la altura comercial y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles pertenecientes a diversas especies. Se trata de diagramas de dispersión, donde cada punto en el gráfico representa

una observación individual, proporcionando así una representación visual de la distribución y relación entre estas variables.

De manera global, el gráfico ilustra que existe una tendencia de que los árboles más altos tienden a tener un mayor diámetro a la altura del pecho (DAP). No obstante, se observan excepciones notables, ya que algunos árboles de altura relativamente baja exhiben un DAP considerablemente grande.

Una explicación plausible para esta relación podría ser que los árboles más altos tienen un período más extenso para su crecimiento y desarrollo, lo que les brinda la oportunidad de desarrollar un diámetro a la altura del pecho (DAP) más significativo. Además, otra posible explicación radica en que los árboles de mayor altura pueden tener acceso a recursos más abundantes, como agua y nutrientes, lo cual también podría contribuir al desarrollo de un DAP más amplio.

A partir de los datos analizados, se puede concluir de manera consistente que existe una relación positiva entre la altura total y la altura comercial con el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles. Esta asociación indica que, en general, los árboles de mayor altura tienden a exhibir un DAP más amplio.

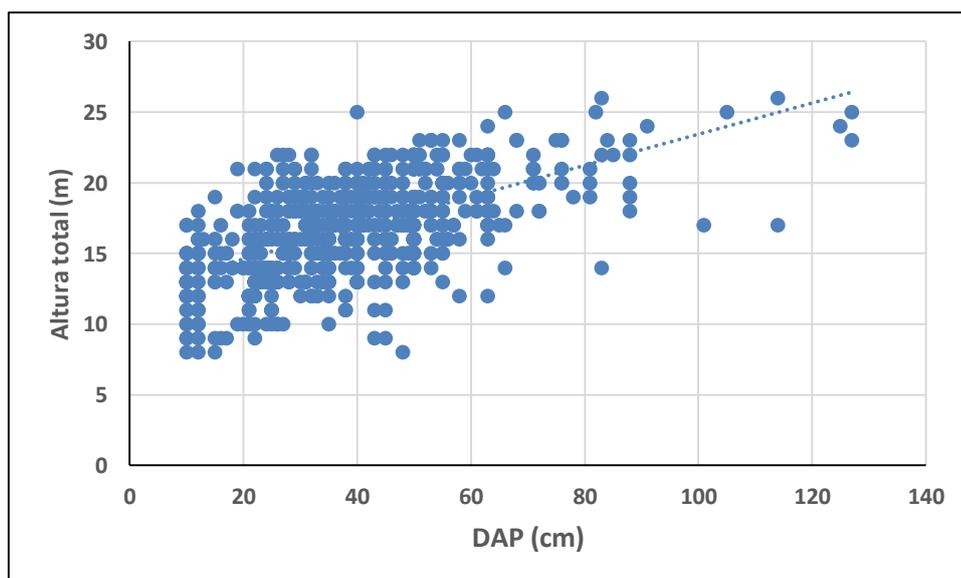


Gráfico 9. Dispersión de los datos de DAP y altura total

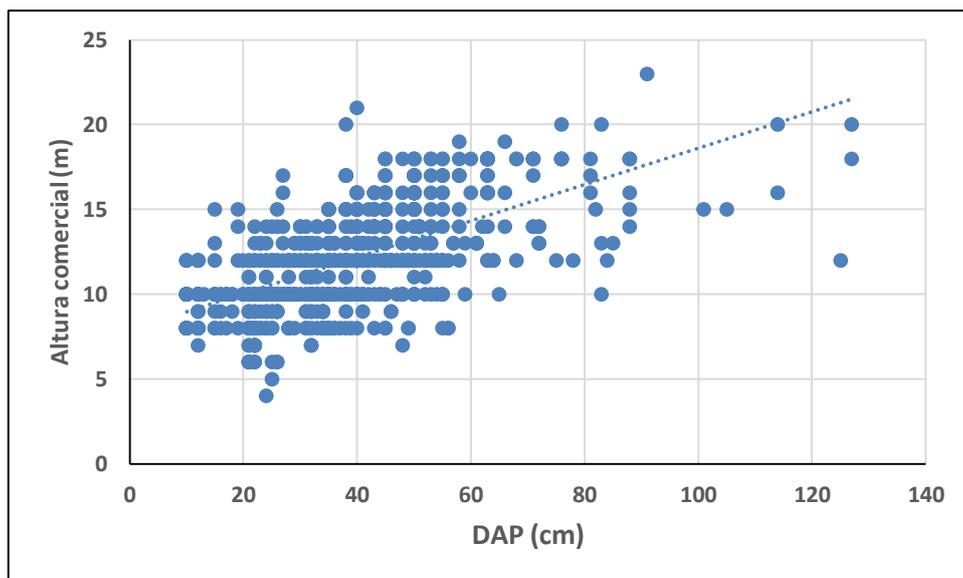


Gráfico 10. Dispersión de los datos de DAP y altura comercial

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Composición florística

La composición florística del bosque de estudio se detalla en la Tabla 2, donde se presenta la presencia de diversas especies agrupadas por familias botánicas. Cada entrada en la tabla proporciona información sobre la familia a la que pertenece la especie, su nombre científico y el nombre común asociado. La presencia de estas especies en el bosque de estudio refleja la diversidad de flora que caracteriza ese entorno específico. Se identifican un total de 81 especies distribuidas en 25 familias botánicas y 69 géneros. Según Rocha (2017, p. 23), en un bosque similar, se registran siete especies pertenecientes a la familia Fabaceae, dos de la familia Myristicaceae, y una de cada uno de los tres grupos botánicos restantes. Es relevante destacar que doce especies comerciales presentan un diámetro igual o superior a cuarenta centímetros. Por otro lado, Rodríguez (2015, p. 24) informa en su investigación la presencia de 11 especies comerciales distribuidas en nueve familias botánicas. Las familias Fabaceae y Myristicaceae son las más destacadas, con dos especies comerciales cada una, mientras que las otras siete familias botánicas muestran una especie comercial cada una. En el trabajo de Márquez (2015, p. 24), se documentan 41 especies comerciales repartidas en 19 familias botánicas. Entre estas, la familia Fabaceae sobresale al contar con el mayor número de especies de importancia comercial, alcanzando la cifra de 10, seguida por Myristicaceae con cinco. La diversidad en la composición de especies entre distintos lugares o zonas puede atribuirse a diversos factores, cuya relevancia varía según el tipo de ecosistema y la escala espacial considerada. Algunos de los factores más significativos que influyen en las disparidades de especies entre diferentes ubicaciones comprenden el clima, la topografía, las características del

suelo, la disponibilidad de agua, los disturbios naturales, las interacciones bióticas, los factores antropogénicos, entre otros.

El entendimiento de la composición florística, es decir, la identificación y distribución de las especies de plantas en un área específica, se revela como un componente esencial para la conservación de la biodiversidad. Esto se debe a que facilita la detección de especies en peligro de extinción o en riesgo, permitiendo así la implementación de medidas de conservación específicas. Además, desempeña un papel crucial en el monitoreo ambiental al servir como indicador ambiental. Cambios en la presencia o ausencia de especies pueden alertar sobre impactos ambientales, tales como la contaminación del suelo o el cambio climático, entre otros.

En síntesis, el conocimiento de la composición florística resulta fundamental para la comprensión y gestión efectiva de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad, la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano. Su aplicación abarca desde la medicina y la agricultura hasta la conservación y la educación. Asimismo, es esencial para abordar desafíos contemporáneos, desde la conservación de la biodiversidad hasta la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad de los ecosistemas. Este conocimiento proporciona la base necesaria para la toma de decisiones informada y la gestión efectiva de los recursos naturales.

5.2. Relación del diámetro con la altura total y comercial

En las Tablas 8 y 9 se presenta el análisis de correlación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total, así como el DAP y la altura comercial. Se observa que el coeficiente de correlación de Rho de Spearman para el DAP y la altura total es de 0,595, mientras que para el DAP y la altura comercial es de 0,652. En ambos casos, la correlación es estadísticamente significativa a un nivel de

confianza del 99% (nivel de significancia de 0,01, dos colas). La muestra utilizada para calcular estas correlaciones consta de 728 observaciones.

Ambas correlaciones son positivas, lo que sugiere que a medida que el DAP aumenta, también lo hacen la altura total y la altura comercial. Además, al ser estadísticamente significativas, se sugiere que la relación observada entre estas variables no es producto del azar y es probable que refleje una asociación real. Wong (2018, pp. 36), informa un coeficiente de correlación de $r = 0,45$ para la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial de los árboles medidos en el bosque de terraza media. Rocha (2017, p. 23), destaca un coeficiente de correlación de $r = 0,29$ en la relación comercial entre diámetro y altura. Por otro lado, Rodríguez (2015, p. 24), reporta un coeficiente de correlación de $r = 0,288$ para la relación entre el diámetro a la altura del pecho y la altura comercial de los árboles observados. En contraste, Márquez (2015, p. 24) presenta un coeficiente de correlación de $r = 0,998$ para la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial. Las disparidades en los resultados, al contrastarse con los obtenidos en el presente estudio, podrían atribuirse a diversos factores, entre ellos el hábitat y el nicho ecológico. Es plausible que las especies que comparten un mismo hábitat o nicho ecológico muestren correlaciones más fuertes debido a su dependencia mutua para recursos similares. Además, las interacciones ecológicas, como la competencia, la depredación, el parasitismo o el mutualismo, también pueden influir en la correlación entre especies. Por ejemplo, en una relación de depredador presa, los cambios en la población de una especie pueden incidir en la otra. En el caso específico de las plantas, factores como la dispersión de semillas y polen pueden depender de elementos como el viento, animales o el agua, lo cual podría afectar la correlación entre especies vegetales.

Por ende, la variabilidad en los resultados podría ser el reflejo de la compleja red de interacciones ecológicas que existe entre las especies en un entorno particular.

La variabilidad en la disponibilidad de alimentos emerge como un factor determinante que puede impactar las poblaciones de especies y, consecuentemente, influir en las correlaciones entre ellas. Las adaptaciones evolutivas de una especie también desempeñan un papel significativo en la modulación de su correlación con otras especies. Por ejemplo, si una especie desarrolla características que le otorgan una mayor eficiencia en la explotación de un recurso, podría generar cambios en las correlaciones con otras especies que dependen de ese mismo recurso.

La actividad humana, que abarca desde la deforestación y la urbanización hasta la contaminación, tiene el potencial de alterar los ecosistemas y, en consecuencia, cambiar las correlaciones entre especies, así como afectar eventos naturales y otros procesos ambientales. Es esencial destacar que estos factores no actúan de manera aislada, y las correlaciones entre especies suelen ser el resultado de la interacción compleja de múltiples factores. Además, estas correlaciones pueden experimentar cambios a lo largo del tiempo debido a las dinámicas ambientales y evolutivas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. Se documentaron un total de 81 especies distintas, pertenecientes a 25 familias botánicas y distribuidas en 69 géneros. Entre las familias más destacadas se encuentran Fabaceae, con un total de 14 especies, seguida por Myristicaceae con ocho especies. Apocynaceae y Malvaceae comparten una posición relevante, cada una presentando siete especies. En cuanto a los géneros más significativos, *Aspidosperma* e *Iryanthera* se destacan por su importancia en la composición florística.
2. La densidad arbórea en la zona es de 1,005 árboles por hectárea, totalizando 728 árboles en el área estudiada. Entre las especies registradas, *Eschweilera bracteosa* se destaca como la más abundante, con una densidad de 0,151 árboles por hectárea, seguida por *Iryanthera elliptica* con una densidad de 0,137 árboles por hectárea.
3. En cuanto a la distribución por clases diamétricas, la clase de 20-29 cm reporta el mayor número de árboles, con una densidad de 0,224 árboles por hectárea. Le sigue la clase de 30-39 cm con una densidad de 0,223 árboles por hectárea, y la clase de 40-49 cm con una densidad de 0,198 árboles por hectárea.
4. El modelo alométrico ajustado para la relación entre diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total se expresa como $Y = 12,780 + 0,109 (DAP)$, con un coeficiente de determinación de 0,989. Asimismo, el modelo para la relación entre DAP y altura comercial se describe como $Y = 8,678 + 0,098 (DAP)$, con un coeficiente de determinación de 0,938. Ambos modelos se caracterizan por ser lineales, evidenciando una alta capacidad para explicar la variabilidad en las variables correspondientes.

5. Se observa una relación entre el diámetro y la altura total con un coeficiente de correlación (r) de 0,595, así como entre el diámetro y la altura comercial con un coeficiente de correlación de 0,652. Esta relación se califica como moderada entre estas dos variables, indicando que a medida que el diámetro a la altura del pecho (DAP) aumenta, también lo hacen la altura total y la altura comercial de los árboles.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. La relación identificada entre el diámetro y la altura total y comercial de los árboles proporciona información valiosa que puede ser aprovechada para una gestión efectiva y sostenible de los recursos forestales, así como para comprender los procesos ecológicos en los ecosistemas forestales.
2. Realizar estudios similares en otras áreas con el propósito de generar comparaciones ya que puede ofrecer una visión más amplia de los patrones y procesos ecológicos.

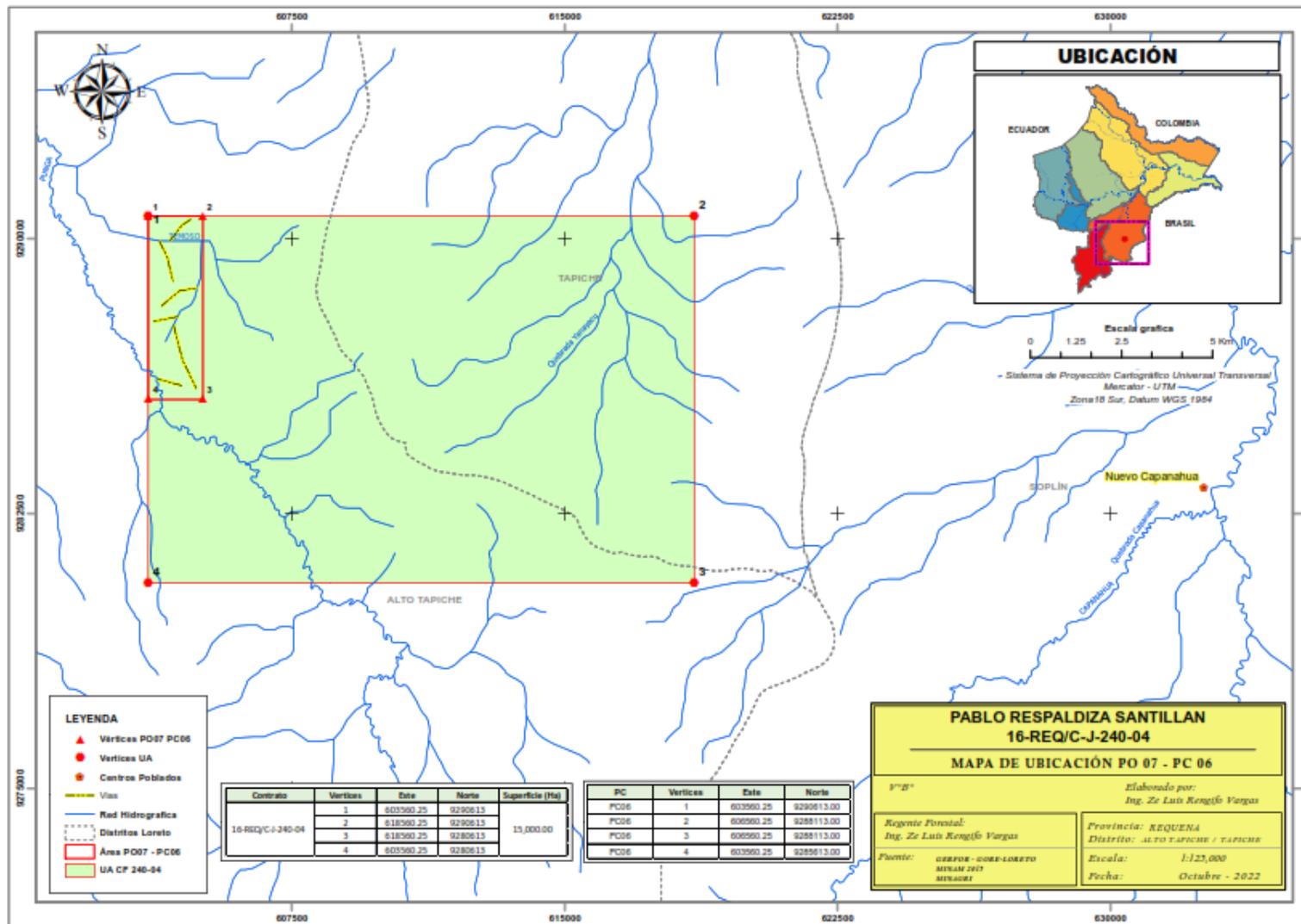
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, A. (2004). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal* 1(2): 1-11
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5123200.pdf>
- Amaral, P., Veríssimo, A., Barreto, P. y Vidal, E. (1989). *Bosques para Siempre. Manual para la producción de madera en la Amazonía. IMAZÓN. Brasil. 164 p.*
<https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/Bosque%20para%20siempre.pdf>
- Corral, S., Silva, A. M., Quiñonez, G. (2019). Modelo generalizado no-lineal altura-diámetro con efectos mixtos para siete especies de *Pinus* en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10 (53): 87-117
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.500>
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría básica*. Universidad de Concepción.
ISBN: 9568029672. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/407>
- Guerra, V., Acosta, M., Fabián Islas, F., Flores, E., Tamarit, J. C., Buendía, E., Carrillo, F., Pineda, T. (2019). Modelos locales altura-diámetro para *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. En Nanacamilpa, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10 (51): 133-156
<https://doi.org.10.29298/rmcf.v10i51.407>
- Guzmán, J. C., Aguirre, O. A., González, M. A., Eduardo Javier Treviño, E. J., Jiménez, J., Vargas, B., De los Santos, H. M. (2019). Relación altura-diámetro para *Abies religiosa* Kunth Schltdl. & Cham. en el centro y sur de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10 (52): 100-120
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000200099

- 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.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4474>
- Márquez, K. P. (2015). *Relación altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de terraza baja. Distrito Putumayo, Loreto, Perú -2014*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4297>
- 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, Iquitos, Perú. 84 p.
- Quispe, W. (2010). *Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la región Madre de Dios*. [Tesis Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios].
<http://hdl.handle.net/20.500.14070/82>
- Rae y Asale. 2010. La ortografía de la lengua española. Espasa. 864 p.
ISBN: 9788467034264
<https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
- Regalado, A., Peralta, E. y González, C. A. (2005). Como hacer un modelo matemático. 18 p.
https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas035/2%20ensayo-35.pdf
- Rodríguez, J. R. (2015). Relación de altura total y comercial con el diámetro de los árboles de un bosque de colina baja. distrito Yavari, Loreto, Perú - 2013. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3629>

- 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>
- Rosas, A. y Zúñiga, J. 2010. *Estadística descriptiva e inferencial I. Correlación y regresión lineal. Colegio de bachilleres. México*.
https://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/edi1/edi1_f03.pdf
- 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
- 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, Univesidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<https://hdl.handle.net/20.500.12737/7906>
- Wong, J. V. (2018). *Relación altura comercial y diámetro de especies de mayor importancia ecológica, bosque de terraza media. Distrito de San Juan Bautista, Loreto, Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6046>

ANEXOS



Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de colina baja, distrito de Maquia, Loreto

Anexo 2. 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 074-2023 AMAZ-UNAP

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

HACE CONSTAR:



Que, las muestras botánicas presentadas por **GALENA MABEL CABALLERO RAMIREZ**, bachiller de la **Escuela Profesional de Ingeniería Forestal** de la **Facultad de Ciencias Forestales** de la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana** pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado **“RELACIÓN DEL DIÁMETRO CON ALTURA TOTAL Y COMERCIAL DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA, DISTRITO DE MAQUIA, LORETO, 2023”**; han sido **DETERMINADAS** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

N°	Familia	Especie	Autor	Nombre Común
1	MYRISTICACEAE	<i>Otoba glycyarpa</i>	(Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.	"aguanillo"
2	CARYOCARACEAE	<i>Caryocar microcarpum</i>	Ducke	"almendro"
3	FABACEAE	<i>Apuleia leiocarpa</i>	(Vogel) J. F. Macbr.	"ana caspi"
4	MELIACEAE	<i>Carapa procera</i>	DC.	"andiroba"
5	LAURACEAE	<i>Ocotea fragrantissima</i>	Ducke	"anis moena"
6	ANNONACEAE	<i>Fusaea longifolia</i>	(Aubl.) Saff.	"anonilla"
7	LAURACEAE	<i>Anaueria brasiliensis</i>	Kosterm.	"añuje rumo"
8	CHRYSOBALANACEAE	<i>Licania lata</i>	J. F. Macbr.	"apacharama"
9	FABACEAE	<i>Macrolabium angustifolium</i>	(Benth.) R.S. Cowan	"azúcar huayo"
10	MALVACEAE	<i>Guazuma crinita</i>	Mart.	"bolaina"
11	MALVACEAE	<i>Theobroma glaucum</i>	H. Karst.	"cacahuillo"
12	LECYTHIDACEAE	<i>Couratari guianensis</i>	Aubl.	"cachimbo"
13	SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum cuneifolium</i>	(Rudge) A. DC.	"caimitillo"
14	LAURACEAE	<i>Ocotea javitensis</i>	(Kunth) Pittier	"canela Moena"
15	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	(Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	"capirona"
16	ANNONACEAE	<i>Gutteria olivacea</i>	R. E. Fr.	"carahuasca"
17	ANACARDIACEAE	<i>Anacardium parvifolium</i>	Ducke	"cacho"
18	MORACEAE	<i>Brosimum parinarioides</i> subsp. <i>amplicona</i>	(Ducke) C. C. Berg	"caucho masha"
19	MELIACEAE	<i>Cedrela fissilis</i>	Vell.	"cedro"
20	FABACEAE	<i>Dipteryx micrantha</i>	Harms	"charapilla"
21	MORACEAE	<i>Brosimum utile</i>	(Kunth) Oken	"chingonga"
22	FABACEAE	<i>Diptotropis purpurea</i>	(Rich.) Amshoff	"chontaquiro"



UNAP

Centro de Investigación de Recursos Naturales Herbarium Amazonense — AMAZ

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



Table with 4 columns: Number, Family Name, Species Name, Author, and Local Name. Rows 23-70.





UNAP

Centro de Investigación de Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

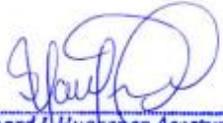
INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

71	FABACEAE	<i>Dipteryx odorata</i>	(Aubl.) Forsyth f.	"shihuahuaco"
72	FABACEAE	<i>Inga aff. dumosa</i>	Benth.	"shimbillo"
73	EUPHORBIACEAE	<i>Hevea brasiliensis</i>	(Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.	"shiringa"
74	POLYGONACEAE	<i>Triplaris peruviana</i>	Fisch. & E. Mey. ex C.A. Mey.	"tangarana"
75	FABACEAE	<i>Cynometra martiana</i>	(Hayne) J.F. Macbr.	"tigrillo"
76	FABACEAE	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	(Ducke) Ducke	"tornillo"
77	ANNONACEAE	<i>Duguetia spixiana</i>	Mart.	"tortuga caspi"
78	COMBRETACEAE	<i>Terminalia dichotoma</i>	G. Mey.	"yacushapana"
79	CHRYSOBALANACEAE	<i>Parinari klugii</i>	Prance	"yesca caspi"
80	MALVACEAE	<i>Matisia cordata</i>	Bonpl.	"zapote"
81	MALVACEAE	<i>Matisia obliquifolia</i>	Standl.	"zapotillo"

Determinador: Ing. Dario Dávila Paredes

A los veintisiete 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

