



**UNAP**



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“RELACIÓN DE LA ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y ABUNDANCIA EN  
BOSQUE DE COLINA BAJA, DISTRITO DE BALSAPUERTO, LORETO, PERÚ.  
2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

**JIN POOL USHIÑAHUA SILVANO**

ASESOR:

**Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.**

Iquitos, Perú

2024



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 043-CCGyT-FCF-UNAP-2024**

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 18 días del mes de setiembre del 2024, a horas 08:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "RELACIÓN DE LA ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y ABUNDANCIA EN BOSQUE DE COLINA BAJA, DISTRITO DE BALSAPUERTO, LORETO, PERÚ. 2023", aprobado con R.D. N° 0107-2024-FCF-UNAP, presentado por el bachiller **JIN POOL USHÑAHUA SILVANO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0372-2024-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Jorge Elías Alvan Ruíz, Dr. : Presidente  
Ing. Olguita Gronerth Escudero, Dra. : Miembro  
Bigo. 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:

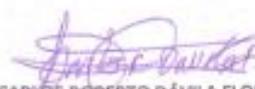
La sustentación pública y la tesis han sido: *APROBADA* con la calificación de *BUELO*.

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

Siendo las *9:20'* Se dio por terminado el acto *ACOMPLIDO*.

  
Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.  
Presidente

  
Ing. OLGUITA GRONERTH ESCUDERO, Dra.  
Miembro

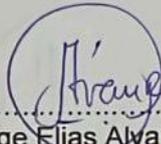
  
Bigo. CARLOS ROBERTO DÁVILA FLORES, Dr.  
Miembro

  
Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.  
Asesor

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

"Relación de la estructura diamétrica y abundancia en bosque de colina baja,  
distrito de Balsapuerto, Loreto, Perú. 2023"

**MIEMBROS DEL JURADO**



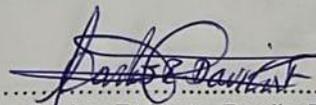
.....  
Ing. Jorge Elías Alvan Ruiz, Dr  
Presidente

REGISTRO CIP N° 28387



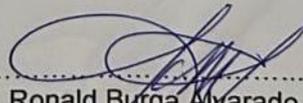
.....  
Ing. Olguita Gfonerth Escudero, Dr.  
Miembro

REGISTRO CIP N° 45894



.....  
Blgo. Carlos Roberto Davila Flores, Dr.  
Miembro

REGISTRO CBP N° 6162



.....  
Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.  
Asesor

REGISTRO CIP N° 45725

---

NOMBRE DEL TRABAJO

**FCF\_TESIS\_USHIÑAHUA SILVANO.pdf**

AUTOR

**JIN POOL USHIÑAHUA SILVANO**

---

RECuento DE PALABRAS

**11141 Words**

RECuento DE CARACTERES

**56984 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**47 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**495.3KB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 29, 2024 11:44 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 29, 2024 11:44 AM GMT-5**

---

● **24% de similitud general**

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

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 17% Base de datos de trabajos entregados
- 1% 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

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mis Padres Luz Erlinda y Cesar Ushiñahua, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí. que ha sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amigo y compañero inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) por permitirme lograr y dar un paso más hacia el éxito. Por convertirme en un profesional competitivo lleno de conocimientos y expectativas.
- Para finalizar también quiero agradecer de manera muy especial a todos esos maestros docentes por darme una formación profesional de calidad.

## ÍNDICE GENERAL

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
	<b>PORTADA</b>	<b>i</b>
	<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN</b>	<b>ii</b>
	<b>FIRMA DE JURADOS</b>	<b>iii</b>
	<b>REGISTRO DE LA DC DEL INFORME DE SIMILITUD</b>	<b>iv</b>
	<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
	<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>vi</b>
	<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>vii</b>
	<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>x</b>
	<b>ÍNDICE DE GRAFICOS</b>	<b>xi</b>
	<b>RESUMEN</b>	<b>xii</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>Xiii</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
	<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1.	<b>Antecedentes</b>	<b>3</b>
1.2.	<b>Bases teóricas</b>	<b>6</b>
1.3.	<b>Definición de términos básicos</b>	<b>8</b>
	<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	<b>10</b>
2.1.	<b>Formulación de la hipótesis</b>	<b>10</b>
2.2.	<b>Varibles y su operacionalización</b>	<b>10</b>

<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>11</b>
3.1. Tipo y diseño	11
3.2. Diseño muestral	12
3.3. Procedimientos de recolección de datos	12
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	12
3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística	12
3.4.2. Determinar el número de árboles por clase diamétrica y por especie	12
3.4.3. Modelo alométrico que se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia del bosque evaluado	13
3.4.4. Modelo alométrico que mejor se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia por especie	14
• Criterios para la selección del modelo alométrico	14
3.4.5. Relación entre la estructura diamétrica y abundancia	14
3.5. Aspectos éticos	15
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>16</b>
4.1. Composición florística del bosque de colina baja	16
4.2. Número de árboles por clase diamétrica	19
4.3. Modelo alométrico que se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia	25
4.3.1. Estructura diamétrica	25

4.3.2. Modelo alométrico que se ajustó a la estructura diamétrica y abundancia	26
4.4. Modelo alométrico que se ajustó a la estructura diamétrica y abundancia de la especie <i>Iryanthera elliptica</i>	30
4.4.1. Estructura diamétrica	30
4.4.2. Modelo alométrico	32
4.5. Relación de la estructura diamétrica y abundancia	35
4.5.1. Prueba de normalidad	35
4.5.2. Relación	37
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
<b>CAPITULO VII: RECOMENDACIONES</b>	<b>45</b>
<b>CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>
Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio	50
Anexo 2. Constancia de identificación botánica de las especies	51

---

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Número de árboles por especie y familia	17
2.	Registro de distribución de árboles por clase diamétrica y especies	24
3.	Distribución de la abundancia de árboles por estructura diamétrica	25
4.	Modelos alométricos evaluados a la estructura diamétrica y abundancia	28
5.	Distribución de la abundancia de árboles por estructura diamétrica de la especie <i>Iryanthera elliptica</i>	32
6.	Modelos alométricos evaluados a la estructura diamétrica y abundancia de la especie <i>Iryanthera elliptica</i>	33
7.	Prueba de normalidad de la estructura diamétrica y abundancia	37
8.	Correlación entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles	38

---

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Distribución del número de árboles por familia	18
2.	Distribución del número de árboles por clase diamétrica	21
3.	Estructura diamétrica y abundancia de árboles	29
4.	Estructura diamétrica y abundancia de árboles de la especie <i>Iryanthera elliptica</i>	34
5.	Correlación de estructura diamétrica y abundancia	38

---

## RESUMEN

En el bosque de colina baja del distrito de Balsapuerto, Loreto, Perú, se examinó la relación entre la estructura diamétrica y la abundancia. Durante el estudio, se identificaron siete especies pertenecientes a cuatro familias botánicas distintas, abarcando un total de siete géneros. La densidad arbórea fue de 0,930 árboles por hectárea, de los cuales 1141 fueron registrados. Destacó la especie *Iryanthera elliptica* con la mayor cantidad de árboles (0,688 árboles por hectárea), seguida por *Cariniana multiflora* con una densidad de 0,119 árboles por hectárea. Se empleó un modelo alométrico compuesto para ajustar la relación entre la estructura diamétrica y la abundancia general ( $Y = 0,7865 * (0,9719^d)$ ), así como para la especie *Iryanthera elliptica* ( $Y = 5,61796 * (0,93417^d)$ ). La correlación entre la estructura diamétrica y la abundancia fue de -0.749, indicando una relación negativa. Esto sugiere que a medida que la estructura diamétrica aumenta, la abundancia de árboles tiende a disminuir, y viceversa.

**Palabras clave:** Relación, estructura diamétrica, abundancia, colina baja, Balsapuerto.

## ABSTRACT

The relationship between diameter structure and abundance was examined in the low hill forest of the district of Balsapuerto, Loreto, Peru. During the study, seven species belonging to four different botanical families were identified, comprising a total of seven genera. The tree density was 0,930 trees per hectare, of which 1141 were recorded. The species *Iryanthera elliptica* stood out with the highest number of trees (0,688 trees per hectare), followed by *Cariniana multiflora* with a density of 0,119 trees per hectare. A composite allometric model was used to fit the relationship between diameter structure and overall abundance ( $Y = 0,7865 * (0,9719^d)$ ), as well as for the species *Iryanthera elliptica* ( $Y = 5,61796 * (0,93417^d)$ ). The correlation between diameter structure and abundance was -0.749, indicating a negative relationship. This suggests that as diameter structure increases, tree abundance tends to decrease, and vice versa.

**Keywords:** Relationship, diameter structure, abundance, low hill, Balsapuerto.

## INTRODUCCIÓN

Las perturbaciones, ya sean causadas por la naturaleza o por el hombre, repercuten en la estructura y composición de los bosques. Las especies invasoras son más comunes donde hay más perturbaciones, mientras que las plantas tolerantes a la sombra son más comunes en las zonas del dosel forestal donde hay menos perturbaciones (Leiva, 2001; Pinazo, et al. 2003, como se citó en (Burga, 2008, p. 58).

La mejor garantía para la existencia y supervivencia de la especie es una distribución diamétrica regular, es decir, una mayor proporción de individuos en las clases más bajas; en cambio, cuando existe una estructura diamétrica irregular, la especie tiende a desaparecer con el tiempo (Lamprecht, 1962, como se citó en Burga, 2008, p. 64).

Dado que existe un conocimiento limitado sobre la relación entre la estructura diamétrica y la abundancia en los bosques de la Amazonía peruana, la estimación del número de individuos por clase diamétrica es esencial para desarrollar planes de manejo.

La capacidad de los ecosistemas para recuperarse tras un cambio, así como la tasa anual de mortalidad tras la caída de los árboles, determinan la estructura y composición de los bosques (García, 2014, p. 8). Los árboles son el componente más importante de la estructura de un ecosistema forestal, ya que diferentes especies con rasgos morfológicos distintos producen estructuras diversas (Rio, 2003 como se citó en García, 2014, p. 8).

El desconocimiento de cómo la estructura de un bosque de colina baja se relaciona con la abundancia de especies puede causar problemas en la gestión forestal y la

conservación. Sin entender esta relación, las decisiones de manejo pueden ser ineficaces o incluso perjudiciales para el ecosistema. Además, la falta de comprensión dificulta la capacidad de los investigadores y los responsables políticos para desarrollar estrategias de conservación adecuadas, lo que podría afectar la capacidad del bosque para adaptarse a los cambios ambientales y proporcionar servicios esenciales.

El propósito principal de este estudio fue establecer la relación entre la estructura diamétrica y la abundancia de especies en el bosque de colina baja ubicado en el distrito de Balsapuerto, Loreto, Perú.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

En el año 2019, se llevó a cabo un análisis descriptivo y correlacional básico en el distrito de Contamana. Los resultados revelaron que todos los árboles de especies comerciales, con un diámetro de corte mínimo de 41 cm, fueron incluidos en la población estudiada. Respecto a la composición del bosque, se encontró que el bosque de terraza baja albergaba 16 especies comerciales pertenecientes a 10 familias botánicas, con un total de 1116 árboles. Por otro lado, el bosque de terraza media exhibía 15 especies comerciales de 9 familias botánicas, contando con 2602 árboles. Destacan las familias Sapotaceae y Malvaceae, cada una con dos especies, mientras que las demás familias presentan solo una especie por tipo de bosque. Es relevante mencionar que la familia Fabaceae es la más diversa, con un total de 5 especies. En cuanto a la distribución de árboles por hectárea, en el bosque de terraza baja, las especies copaiba, shihuhuaco, quinilla y lupuna muestran los valores más altos con 0,42, 0,28, 0,25 y 0,19 árboles respectivamente, en comparación con la densidad total de 1,43 árboles por hectárea. Adicionalmente, la clase con diámetros entre 60 y 70 cm registra el mayor número de árboles (0,17 árboles/ha), seguida por las clases de 80 a 90 cm (0,25 árboles/ha) y de 90 a 100 cm (0,34 árboles/ha). En contraste, el bosque de terraza media presenta una densidad total de 0,96 árboles por hectárea, siendo las especies copaiba, shihuhuaco, quinilla y lupuna las más predominantes con 0,25, 0,20, 0,16 y 0,15 árboles por hectárea. En este caso, la clase con más árboles (0,21 árboles por hectárea) corresponde a la de 70 a 80 cm, seguida por la de 80 a 90 cm (0,19 árboles por hectárea), la de 60 a 70 cm (0,13 árboles por hectárea) y la de 90 a 100 cm (0,12 árboles por hectárea) (Vela, 2019, pp. 18, 19, 20).

En 2014, un estudio descriptivo-correlacional realizado en Alto Nanay concluyó que todas las especies forestales con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm fueron consideradas en la investigación. Este estudio identificó nueve familias que destacaron por el número de géneros (n=51) y especies (n=19), siendo la familia Fabaceae la que presentó el mayor número de géneros (16), mientras que la familia Arecaceae fue la que registró la mayor cantidad de especies (7). Estas nueve familias representaron el 90,48% de todas las especies conocidas en el área estudiada. En cuanto a la distribución de árboles por hectárea, se encontró que las 25 especies predominantes en el bosque de colina baja registraron una densidad de 130,00 árboles/ha de un total de 158,44 árboles. Destacan especies como *Eschweilera* sp. "machimango", *Ocotea* sp. "moena", *Inga* sp. "shimbillo", *Pouteria* sp. "caimitillo" y *Hevea brasiliensis* "shiringa". Por otro lado, el bosque de colina alta reportó una densidad de 44,67 árboles por hectárea de un total de 51,78 árboles, siendo las especies *Eschweilera* sp "machimango", *Ocotea* sp "moena", *Tachigali* sp "tangarana", *Virola* sp "cumala" y *Protium* sp "copal" las más abundantes (Reynafarje, 2014, pp. 31, 39).

El mismo autor menciona que los modelos alométricos cúbico y exponencial pueden ajustarse a los tres tipos de bosques en la zona de investigación. Destaca que el bosque de colina alta exhibe el coeficiente de correlación más alto ( $r=0,83$ ) y el mayor coeficiente de determinación ( $R^2=0,68$ ), mientras que el bosque de terraza baja muestra los valores más bajos ( $r = 0,67$ ) ( $R^2=0,47$ ). En el caso del bosque de colina alta, *Protium* sp. "copal", *Minquartia* sp. "huacapu" y *Pouteria* sp. "caimitillo" presentan los coeficientes más altos de correlación y determinación, con valores de 1,00 para cada una. Por otro lado, en el bosque de colina baja, *Theobroma* sp. "cacauiillo" (1,00) muestra la asociación más fuerte. Sin embargo,

algunas especies del bosque de colina baja, como *Pouteria* sp. "caimitillo" ( $R^2=0,29$ ) e *Iryanthera* sp. "pucuna caspi" (0,42), exhiben coeficientes de correlación más bajos, aunque tres especies constituyentes principales muestran asociaciones superiores a 0,60. En cuanto al bosque de colina alta, *Tachigali* sp. "tangarana" presenta el valor más bajo de  $R^2$ , pero otras cinco especies muestran asociaciones superiores a 0,60 (Reynafarje, 2014, pp. 52, 54).

En el año 2014, se realizó un estudio descriptivo y correlacional básico en el distrito de Mazán, donde se incluyeron todas las especies arbóreas comerciales con un diámetro de corte mínimo de 40 cm en la población de estudio. Se identificaron un total de 34 especies de valor comercial en el bosque de colina baja, pertenecientes a 10 familias botánicas, 24 géneros y 32 especies, con un total de 833 individuos. La familia Myristicaceae destacó con el mayor número de especies (13), seguida por Fabaceae (7 especies) y Lauraceae (5 especies). La densidad de individuos por hectárea y por clase diamétrica fue de 0,15 individuos/ha, donde *Otoba parvifolia* "cumala aguanillo", *Anaueria brasiliensis* "añuje rumo", *Hymenaea oblongifolia* "azúcar huayo" y *Virola albidiflora* "cumala blanca hoja marrón" fueron las más notables, con valores de 0,02, 0,01, 0,01 y 0,01 individuos/ha, respectivamente. Se encontró que la ecuación matemática cúbica se ajustaba al bosque evaluado, con un coeficiente de correlación de  $r = 0,09$  y un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,65$ . Además, se observó que *Virola albidiflora* "cumala blanca hoja marrón" presentaba el mayor grado de asociación (0,81), mientras que *Otoba parvifolia* "cumala aguanillo" mostraba el menor grado de asociación (0,34) (Sandoval, 2014, pp. 38, 40, 42).

## 1.2. Bases teóricas

La dinámica de un bosque y la ecología de sus especies influyen en su composición, al igual que elementos externos como la ubicación, el clima, los suelos y la topografía (Louman et al., 2001, p. 41). El tamaño y la frecuencia de los claros, el temperamento de las especies y las fuentes de semillas son algunos de los elementos más significativos que determinan la composición florística del bosque, que está vinculada a la dinámica del bosque y a la ecología de las especies que lo componen (Louman *et al.*, 2001, p. 46).

La distribución de los individuos en los bosques tropicales suele adoptar la forma de una "J" invertida, en la que el número de árboles disminuye a medida que aumenta el DAP. Otras distribuciones, sin embargo, no muestran una tendencia discernible debido a sus propiedades únicas (Manzanero, 2003 como se citó en Garcia, 2014, p. 8).

El mejor enfoque para comprender las distribuciones diamétricas, que relacionan el número de árboles con el área basal, es estudiar cada especie por separado, lo que ofrece una diversidad de comportamientos (Ibarra, 2002 como se citó en Garcia, 2014, p. 9).

Las características del suelo y del clima, los rasgos y mecanismos de adaptación de las especies que componen el bosque y los efectos de las perturbaciones sobre la dinámica forestal son factores que afectan a la estructura del bosque, que se refleja en la distribución de los árboles por clases diamétricas. Se han definido dos estructuras, regular e irregular, como resultado de la respuesta de la vegetación al medio y a las limitaciones y riesgos que éste presenta (Louman et al., 2001 como se citó en Gallardo, 2015, p. 12).

Es posible encontrar bosques con una J invertida incompleta, lo que significa que algunas clases diamétricas están infrarrepresentadas o sobrerrepresentadas. En la estructura discetánea o irregular, los individuos forestales se distribuyen en varias clases de tamaño, lo que se representa mediante una distribución de tipo J invertida. Este tipo de estructura prevalece tanto en los bosques primarios que han sufrido intervenciones como en los que no, así como en los bosques secundarios maduros, aunque frecuentemente en estado inacabado (Louman et al., 2001 como se citó en Gallardo, 2015, p. 13).

La mejor garantía para la existencia y la supervivencia de la especie es una distribución diamétrica regular, es decir, una mayor proporción de individuos en las clases más bajas; de lo contrario, la especie se extinguirá gradualmente (Lamprecht 1962 como se citó en Gallardo González, 2015, p. 13).

Lamprecht, (1962 como se citó en Sandoval Macedo, 2014, pp. 13, 14), propone métodos para analizar estructuralmente los bosques tropicales. Estos métodos permiten analizar la organización florística del bosque, la estructura diamétrica y la estructura vertical. El mismo autor afirma que, para el correcto diseño y desarrollo de planes de gestión silvícola en los bosques tropicales, los análisis estructurales tienen una considerable utilidad práctica y un gran interés científico. Permiten, entre otras cosas, extraer conclusiones cruciales sobre la historia, la vitalidad y las posibles orientaciones futuras de las comunidades forestales.

La densidad o abundancia está asociado a la ocupación del espacio disponible para crecer, pudiendo existir densidades normales, sobre densos y sub densos. Con la abundancia relativa puede indicarse la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de árboles de la parcela que se considera

como el 100 % (Acosta et al, 2006, como se citó en Serrano Arribasplata, 2019, p. 15).

El estado ecológico y de conservación de una masa forestal puede evaluarse mediante un análisis de la distribución de las clases diamétricas de las distintas especies arbóreas de la masa; en particular, este análisis permite detectar el envejecimiento de la masa o la falta de regeneración (Serrano Arribasplata, 2019, p. 18).

La investigación de la estructura de un bosque expone el número de individuos presentes, su distribución en el espacio disponible y las formas y lugares en que los árboles compiten entre sí. También muestra la ubicación de los árboles y si algún estrato es más o menos agresivo que otros (Castillo y Calvo, 2011, p. 11, como se citó en Maldonado Lima, 2016, p. 5).

Comprender las características estructurales de un bosque es uno de los aspectos más importantes, ya que nos permite desarrollar planes de gestión basados en nuestro conocimiento de la dinámica presente en ese ecosistema y nos ayuda a comprender su composición y estructura (Alvis, 2009, p. 1, como se citó en Maldonado Lima, 2016, p. 5).

### **1.3. Definición de términos básicos**

**Abundancia:** Número de individuos de cada especie en la zona de investigación que han sido identificados (Lamprecht, 1990 citado por Moreno, 2015, p. 20).

**Bosque:** Es una superficie con árboles y arbustos (Quispe, 2010, p. 15).

**Coefficiente de determinación:** El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) muestra el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente (y) que puede representar la variable independiente (x) en la regresión (Cancino, 2012, p. 15).

**Diámetro:** El diámetro se calcula midiendo la longitud de la línea recta que rodea el centro del círculo y termina donde toca la circunferencia por todos sus lados. (Romahn de la Vega et al., 1994, como se citó en Garcia, 2014, p. 14).

**Especies:** Grupo de elementos que están relacionados entre sí porque comparten uno o más rasgos (Rae y Asale, 2010, p. 1).

**Estructura del bosque:** Desde una perspectiva ecológica, el componente arbóreo es el que tiene una conexión directa con las influencias medioambientales, en particular el suelo, la fisiografía y el clima (Quispe, 2010, p. 20).

**Estructura diamétrica:** Número medio de árboles por hectárea distribuidos entre clases diamétricas, por árbol individual (Wabo, 1999, p. 1).

**Estructura:** Es la distribución de especies, que tiene en cuenta elementos como la edad y el tamaño del bosque. El primero habla de aumentos en altura y diámetro, mientras que el segundo se refiere a la sucesión de árboles (Quispe, 2010, p. 21).

**Relación o asociación:** Relación o afiliación. Dos variables de un mismo informe de investigación pueden compartir similitudes (Beiguelman, 1994, como se citó en (Vela Diaz, 2019, p. 12)(Vela, 2019, p. 12).

## CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1. Formulación de la investigación

Existe relación de la estructura diamétrica y abundancia en bosque de colina baja, distrito de Balsapuerto, Loreto, Perú. 2023.

### 2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
<b>Independiente</b>  - Estructura diamétrica	Distribución de los individuos arbóreos en clases de diámetro o clases diamétricas.	Cuantitativa	DAP	Razón	- Fichas de registro de los valores dasométricos.
<b>Dependiente</b>  - Abundancia	Número de individuos de cada especie en la zona de investigación que han sido identificados	Cuantitativa	- Toneladas de carbono	Razón	- Base de datos del inventario y la hoja de cálculos en Excel.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y diseño

La investigación es cuantitativa, no experimental, descriptiva y de nivel básico basada en el registro de los datos dasométricos de todos los individuos arbóreos existentes en el bosque bajo de colina, distrito de Balsapuerto, Loreto, Perú, 2023.

El estudio se realizó en el bosque de colina baja de la comunidad nativa Maranatha en el distrito de Balsapuerto, de las parcelas de corta 1, 2 y 6, las cuales tienen una extensión estimada de 1227,16 ha. El área está delimitada por las siguientes coordenadas UTM:

PC	Punto	Coordenadas UTM	
		Este (E)	Norte (N)
PC - 01	1	335610.3421	9381635.6556
	2	339720.0000	9382668.0000
	3	339718.3053	9381876.2802
	4	337606.2706	9381352.0136
	5	338147.8473	9381003.1509
	6	337303.1116	9380878.3909
	7	336893.4816	9381571.0890
	8	336305.8736	9381324.5078
PC - 02	1	337303.1116	9380878.3909
	2	338147.8473	9381003.1509
	3	338770.0868	9380704.6210
	4	338611.3365	9380291.8701
	5	339713.3961	9379582.7484
	6	338981.7539	9379339.3682
	7	339710.9689	9378448.8209
	8	339707.6417	9376894.3836
	9	339250.9679	9377390.4931
	10	339363.4161	9378051.9528
	11	338561.2401	9379218.6724
	12	338751.7405	9379675.8733
	13	338421.5399	9379948.9238
	14	338002.4390	9379917.1738
PC - 06	1	332901.3878	9373782.2918
	2	333646.1561	9373783.6379
	3	333646.1601	9372945.3657
	4	333353.3890	9372945.5496
	5	333353.3890	9371985.6394
	6	332367.7445	9371985.3101

Políticamente, se ubica en la jurisdicción del distrito de Balsapuerto, provincia de Alto Amazonas, Región Loreto (Anexo 1).

### **3.2. Diseño muestral**

Todos los árboles de especies comercialmente viables con DAP superior o igual al diámetro mínimo de corta que estén presentes en el bosque de colina baja de las PC 1, 2 y 6 constituyeron la población de la investigación. Dado que se realizó un censo completo, la muestra fue representativa de toda la población.

### **3.3. Procedimientos de recolección de datos**

Los datos del estudio se obtuvieron a partir de un censo forestal llevado a cabo en 2022 en la comunidad nativa de Maranatha. Se empleó un formulario específico para la recopilación de datos, el cual contenía información sobre el nombre de la especie, el diámetro a la altura del pecho (DAP), las coordenadas UTM y observaciones adicionales.

### **3.4. Procedimiento y análisis de los datos**

Dado que se empleó la información obtenida durante el censo forestal de 2022 realizado en el bosque de colina baja del distrito de Balsapuerto, que abarcó las parcelas de censo 1, 2 y 6, todo el estudio se llevó a cabo en gabinete. Este proceso implicó la organización de los datos de campo, su procesamiento y la realización de los cálculos necesarios para analizar la distribución diamétrica y la abundancia de cada árbol individual y especie.

#### **3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística**

El Herbarium Amazónense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana verificó y determinó el nombre común, nombre científico y la familia de las especies forestales comerciales listadas en el censo forestal.

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

Se utilizó el diámetro a la altura del pecho (DAP) en clases de 10 cm como base para cada categoría. Esta estrategia estableció un intervalo de clases de 10 cm

siguiendo las normas internacionales de normalización, lo que facilitó la comparación de resultados con otros estudios previos (Cardenas, 1986, citado en Alvarado, 2013, p. 42).

### 3.4.3. Modelo alométrico que se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia del bosque evaluado

Los datos fueron procesados utilizando el programa SPSS. Una vez determinada la distribución de frecuencias por clases diamétricas, se correlacionaron la estructura diamétrica (X) y la abundancia observada por clase diamétrica (Y) en un eje de coordenadas. Esta correlación se examinó estadísticamente mediante el coeficiente de correlación (r), el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), el error estándar estimado (SEE) y la evaluación de la distribución de residuos para determinar la mejor ajuste del modelo.

Se evaluarán once modelos alométricos: uno lineal y diez no lineales o curvilíneos.

N°	Modelos alométricos	Ecuaciones
1	Lineal	$h = b_0 + (b_1 \times d)$
2	Logarítmica	$h = b_0 + (b_1 \times \ln(d))$
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	$h = e^{(b_0 (b_1 / d))}$
9	Crecimiento	$h = e^{(b_0 (b_1 \times d))}$
10	Exponencial	$h = b_0 (e^{(b_1 \times d)})$
11	Logística	$h = 1 / (1/\mu + b_0 (b_1^d))$

Donde:

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

$\ln$  = Logaritmo natural

$h$  = Abundancia

$d$  = Estructura diamétrica

### 3.4.4. Modelo alométrico que mejor se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia por especie

Con la excepción de que sólo se determinó el modelo alométrico de la especie o especies que registraron la mayor abundancia, el planteamiento será el mismo que el anterior.

#### Criterios para la selección del modelo alométrico

En la fase de selección de opciones, se dará prioridad a la ecuación alométrica que exhiba el coeficiente de determinación más elevado ( $R^2$ ). En caso de que exista un empate, se favorecerá aquella que tenga el menor error estándar estimado (SEE). Si la igualdad persiste, se tomará en cuenta la distribución de residuos, optando por el modelo que muestre una distribución más óptima. En última instancia, se seleccionará la ecuación que facilite su implementación y utilización práctica.

### 3.4.5. Relación entre la estructura diamétrica y abundancia

A partir de la información sobre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles individuales presentes en el bosque de estudio, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos. Con este propósito, se formuló la siguiente hipótesis:

Hipótesis nula ( $H_0$ ):	La variable aleatoria SI tiene distribución normal	$p\text{-valor} > 0,05$
Hipótesis alterna ( $H_1$ ):	La variable aleatoria NO tiene distribución normal	$p\text{-valor} < 0,05$

Como la prueba de normalidad indica que los datos son normales se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la correlación entre la estructura diamétrica y abundancia (Rosas & Zúñiga, 2010, p. 22).

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2) (\sum y^2)}}$$

Dónde:  $r$  = coeficiente de correlación;  $\Sigma xy$  = frecuencia de la variable  $xy$ ;  $\Sigma x^2$  = frecuencia al cuadrado de la variable  $x$ ;  $\Sigma y^2$  = frecuencia al cuadrado de la variable  $y$

La siguiente tabla se utilizó para determinar la fuerza del vínculo entre las dos variables: (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

#### ' .). Aspectos éticos

En este estudio se cumplió con los cuatro principios éticos fundamentales: autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Composición florística del bosque de colina baja

La tabla 1 revela la diversidad florística de un bosque de colina baja, detallando la cantidad de árboles por especie y familia. Se identifican siete especies arbóreas distintas, cada una asociada a una familia botánica específica. La familia Myristicaceae muestra dos especies: *Otoba glyxicarpa*, conocida como aguanillo, con 74 árboles, e *Iryanthera elliptica*, denominada cumala, destacando con una notable cantidad de 844 árboles y evidenciando su dominancia en este ecosistema. La Lecythidaceae está representada por *Cariniana multiflora*, también llamada cachimbo, con una considerable cantidad de 146 árboles. La Fabaceae presenta tres especies: *Copaifera multijuga*, conocida como copaiba, con solo seis árboles; *Ormosia macrocalyx*, conocida como huayruro, con nueve árboles; y *Cedrelinga cateniformis*, conocida como tornillo, con 44 árboles. Finalmente, la Malvaceae está representada por *Ceiba pentandra*, conocida como lupuna, con 18 árboles. En total, se contabilizan 1141 árboles en este bosque, destacando la presencia dominante de *Iryanthera elliptica* de la familia Myristicaceae. Esta distribución de especies ofrece valiosa información sobre la diversidad y estructura del bosque, así como posibles patrones de sucesión ecológica y relaciones inter-específicas.

El conocimiento detallado de la composición florística de un ecosistema, como un bosque de colina baja, reviste una importancia crucial por diversas razones de índole ecológica. En primer lugar, la composición florística proporciona información esencial sobre la biodiversidad presente en el ecosistema. Cada especie de planta contribuye de manera única a la estructura y función del ecosistema, desde su participación en la captura de energía solar y el ciclo de nutrientes, hasta sus interacciones con otras especies. Además, el conocimiento de la composición

florística puede revelar patrones de distribución geográfica, adaptaciones específicas al hábitat y respuestas a factores ambientales como el clima y el suelo.

Asimismo, comprender la composición florística es fundamental para la conservación y gestión de los ecosistemas. Las especies vegetales brindan hábitats vitales para una diversidad de organismos, desde insectos hasta mamíferos, y su presencia o ausencia puede incidir en la salud y estabilidad de todo el ecosistema. Además, las especies vegetales pueden poseer valores económicos, medicinales, culturales o estéticos significativos, subrayando la importancia de su conservación y uso sostenible.

El conocimiento de la composición florística también puede ser invaluable para la restauración de ecosistemas degradados o perturbados. Al comprender qué especies son nativas de un área específica y cómo interactúan entre sí, los ecólogos y los gestores de tierras pueden diseñar estrategias efectivas para restaurar la diversidad y la funcionalidad del ecosistema.

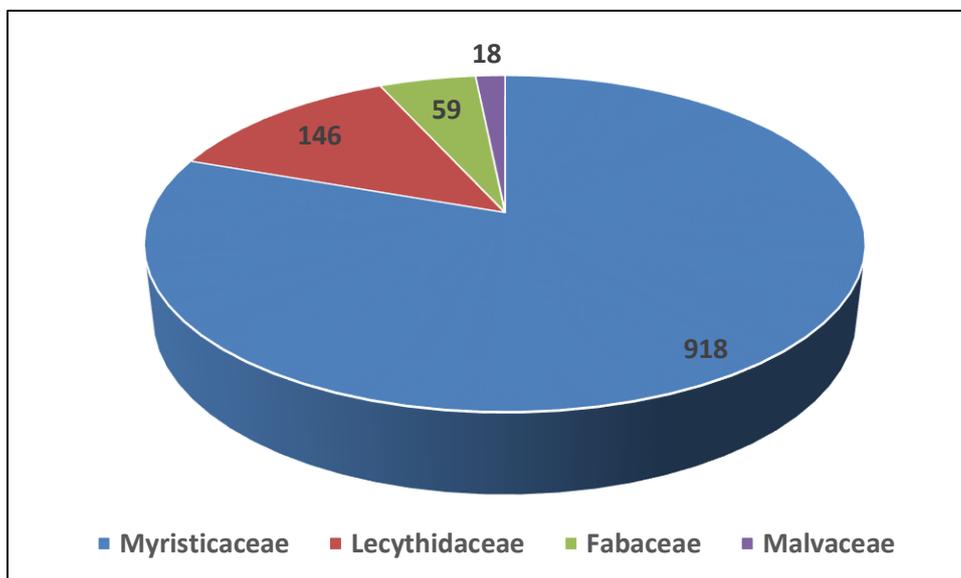
**Tabla 1.** Número de árboles por especie y familia

N°	Familia	Especie		N° de árboles
		Nombre científico	Nombre común	
1	Myristicaceae	<i>Otoba glyxicarpa</i>	Aguanillo	74
2	Lecythidaceae	<i>Cariniana multiflora</i>	Cachimbo	146
3	Fabaceae	<i>Copaifera multijuga</i>	Copaiba	6
4	Myristicaceae	<i>Iryanthera elliptica</i>	Cumala	844
5	Fabaceae	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Huayruro	9
6	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Lupuna	18
7	Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Tornillo	44
<b>Total</b>				<b>1141</b>

Además de su relevancia para la ecología y la conservación, el conocimiento de la composición florística puede resultar crucial para comprender los procesos de

sucesión ecológica y la dinámica de los ecosistemas a lo largo del tiempo. Las comunidades vegetales experimentan cambios constantes debido a disturbios naturales como inundaciones o sequías, así como a influencias humanas como la deforestación o la introducción de especies exóticas. Al monitorear la composición florística a lo largo del tiempo, es posible detectar cambios en la estructura y diversidad de los ecosistemas, identificar tendencias de regeneración o declive, y evaluar el éxito de las medidas de gestión y restauración.

Adicionalmente, un análisis minucioso de la composición florística puede ofrecer datos sobre la salud y la calidad del hábitat, así como indicadores tempranos de posibles problemas ambientales, como la fragmentación del hábitat, la contaminación o el cambio climático. Esto facilita una respuesta rápida y eficaz para hacer frente a estas amenazas y proteger la integridad de los ecosistemas.



**Gráfico 1.** Distribución del número de árboles por familia

El gráfico 1 ilustra la distribución del número de árboles por familia en un bosque de colina baja. Destaca que la familia Myristicaceae es la más abundante, con un total de 918 árboles. Esta familia botánica, que incluye especies como *Otoba*

*glyricarpa* e *Iryanthera elliptica*, exhibe una clara dominancia en el ecosistema. Le sigue en importancia la familia Lecythidaceae, con 146 árboles, indicando una presencia significativa pero menos abundante en comparación con la familia Myristicaceae. La familia Fabaceae cuenta con un total de 59 árboles, lo que sugiere una presencia más limitada en este bosque. Por último, la familia Malvaceae posee la menor cantidad de árboles, con un total de 18, indicando una contribución relativamente menor a la composición florística del bosque en comparación con las otras familias mencionadas. Esta distribución del número de árboles por familia ofrece una visión general de la estructura y la diversidad florística del bosque de colina baja, resaltando la importancia relativa de cada familia en el ecosistema.

#### **4.2. Número de árboles por clase diamétrica**

La tabla 2 exhibe la distribución del número de árboles por especie y clase diamétrica en un bosque de colina baja. Cada fila representa una especie arbórea específica, mientras que las columnas reflejan diferentes clases diamétricas, medidas en centímetros, que van desde 40 cm hasta 100 cm y más. Asimismo, la tabla incluye dos columnas adicionales: "N° de árb/ha", indicando el número de árboles por hectárea en cada clase diamétrica, y "N° de árb.", que muestra el total de árboles por especie.

La especie dominante en términos de número total de árboles es *Iryanthera elliptica*, con un total de 844 árboles. Esta especie muestra una distribución relativamente uniforme a lo largo de las diferentes clases diamétricas, con una ligera disminución en las clases diamétricas más grandes y un aumento en las clases diamétricas más pequeñas. *Cariniana multiflora* es la segunda especie más abundante, con un total de 146 árboles. Al igual que *Iryanthera elliptica*, muestra

una distribución uniforme a lo largo de las clases diamétricas, con una ligera disminución en las clases más pequeñas y un aumento en las clases más grandes. *Otoba glydicarpa*, aunque menos abundante con 74 árboles, también presenta una distribución similar, con una disminución en las clases diamétricas más pequeñas y una leve tendencia también a la disminución en las clases diamétricas más grandes. Las otras especies presentes en la tabla exhiben una distribución más limitada en cuanto al número total de árboles, con una presencia destacada en las clases diamétricas más grandes y una disminución en las clases más pequeñas.

En cuanto al total general, se nota que la mayoría de los árboles se ubican en las clases diamétricas de 50 cm y 60 cm, con 292 y 324 árboles respectivamente. La cantidad de árboles tiende a disminuir en las clases diamétricas más pequeñas y más grandes, lo que sugiere una distribución en forma de campana en términos de la estructura diamétrica del bosque.

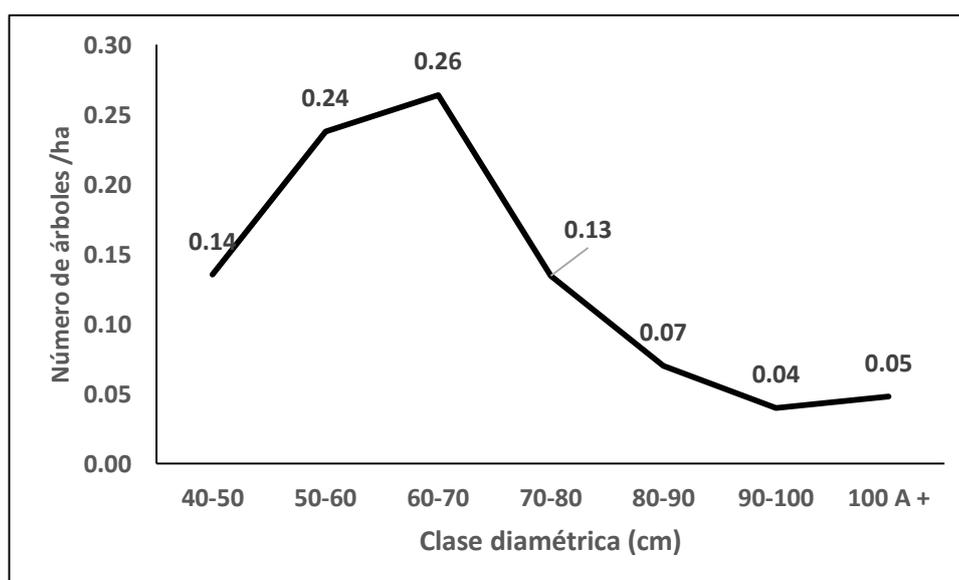
El conocimiento detallado de la distribución del número de árboles por especie y por clase diamétrica resulta esencial para comprender la estructura y la dinámica de los ecosistemas forestales. Esta información proporciona una evaluación precisa de la composición y la distribución de la biodiversidad vegetal en un área específica, lo que a su vez permite la implementación de estrategias efectivas de manejo y conservación.

En primer lugar, el análisis de la distribución del número de árboles por especie proporciona información valiosa sobre la diversidad biológica presente en el bosque. Cada especie arbórea posee características únicas en términos de requerimientos ecológicos, tolerancia a condiciones ambientales específicas y roles funcionales dentro del ecosistema. Comprender la abundancia y la distribución de

cada especie permite una evaluación más precisa de la salud y la resiliencia del bosque, así como la identificación de especies dominantes, raras o en peligro de extinción.

Por otro lado, proporciona información sobre la estructura y la dinámica de la población arbórea en términos de su tamaño y edad. Las diferentes clases diamétricas reflejan diversas etapas de crecimiento y desarrollo de los árboles en el bosque, desde plántulas y juveniles hasta árboles maduros y senescentes. Esta estructura de edad y tamaño ejerce influencia en la biodiversidad, la productividad, la estabilidad y la capacidad de regeneración del ecosistema forestal.

Además, es fundamental para la planificación y el manejo forestal sostenible. Permite la identificación de áreas con potencial para la regeneración natural, la evaluación de la capacidad de crecimiento y producción de madera, y la determinación de prácticas de manejo adecuadas, como la selección de árboles para la cosecha o la protección de árboles de semillas y hábitats críticos.



**Gráfico 2.** Distribución del número de árboles por clase diamétrica

El gráfico 2 ilustra la distribución del número de árboles por hectárea en diferentes clases diamétricas en un área forestal específica. Cada columna representa un rango de diámetros de tronco, expresado en centímetros, que va desde 40 hasta más de 100 cm. La tabla muestra la proporción de árboles por hectárea en cada clase diamétrica, expresada como un valor decimal.

Se observa que la proporción de árboles por hectárea varía según la clase diamétrica. En general, la proporción tiende a disminuir a medida que aumenta el diámetro del tronco. La clase diamétrica de 60-70 cm presenta la proporción más alta, con un valor de 0.26, indicando una mayor densidad de árboles en este rango de diámetros. A continuación, la clase diamétrica de 50-60 cm muestra una proporción ligeramente menor, con un valor de 0.24. Las clases diamétricas más pequeñas (40-50 cm) y más grandes (100 cm y más) exhiben proporciones más bajas, con valores de 0.14 y 0.05 respectivamente.

El gráfico muestra que la distribución del número de árboles por hectárea está determinada por una serie de factores, incluyendo la selección natural, el crecimiento diferencial y la competencia. La forma de la curva del gráfico puede verse afectada por una serie de otros factores, como la especie de árbol, el clima, el suelo, la topografía, las actividades antrópicas, entre otros.

Esta distribución del número de árboles por hectárea por clase diamétrica proporciona información importante sobre la estructura y la dinámica de la población arbórea en el área forestal. Puede indicar patrones de regeneración natural, tasas de crecimiento diferencial entre diferentes grupos de árboles y la influencia de disturbios naturales o actividades humanas en la composición y la densidad de la vegetación. Esta información es fundamental para la gestión forestal

sostenible y la conservación de la biodiversidad, ya que permite monitorear y evaluar el estado y la salud de los bosques y tomar decisiones informadas sobre prácticas de manejo y conservación adecuadas.

**Tabla 2.** Registro de distribución de árboles por clase diamétrica y especies

Especie	Clase diamétrica (cm)						100 A +	N° de árb/ha	N° de árb.
	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100			
<i>Iryanthera elliptica</i>	0,112	0,205	0,213	0,099	0,042	0,014	0,002	0,688	844
<i>Cariniana multiflora</i>	0,002	0,011	0,029	0,022	0,018	0,018	0,020	0,119	146
<i>Otoba glyxicarpa</i>	0,021	0,021	0,015	0,002		0,001		0,060	74
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			0,006	0,007	0,007	0,004	0,012	0,036	44
<i>Ceiba pentandra</i>			0,001		0,001	0,002	0,011	0,015	18
<i>Ormosia macrocalyx</i>			0,001	0,003	0,001		0,002	0,007	9
<i>Copaifera multijuga</i>		0,001	0,001	0,001	0,002	0,001		0,005	6
<b>Total</b>	<b>0,135</b>	<b>0,238</b>	<b>0,264</b>	<b>0,134</b>	<b>0,070</b>	<b>0,040</b>	<b>0,048</b>	<b>0,930</b>	<b>1141</b>
<b>Total general</b>	<b>166</b>	<b>292</b>	<b>324</b>	<b>165</b>	<b>86</b>	<b>49</b>	<b>59</b>		<b>1141</b>

### 4.3. Modelo alométrico que se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia

#### 4.3.1. Estructura diamétrica

La tabla 3 muestra la abundancia de árboles por estructura diamétrica en un bosque de colina baja, expresada en número de árboles por hectárea (N° de árboles/ha). La estructura diamétrica se clasifica en intervalos de tamaño de diámetro, comenzando desde 40 cm y aumentando en incrementos de 10 cm hasta llegar a 100 cm.

En el intervalo de 40 cm, se registra aproximadamente 0,14 árboles por hectárea. A medida que aumenta el tamaño del diámetro, el número de árboles por hectárea varía, alcanzando su punto máximo en el intervalo de 60 cm, donde se registran alrededor de 0,26 árboles por hectárea. Luego, el número de árboles disminuye gradualmente a medida que aumenta el tamaño del diámetro, con valores de 0,13, 0,07, 0,04 y 0,05 árboles por hectárea para los intervalos de 70 cm, 80 cm, 90 cm y 100 cm, respectivamente.

Esta distribución proporciona información valiosa sobre la estructura y densidad de los árboles en el bosque forestal estudiado, lo cual puede ser crucial para la gestión forestal y la conservación de la biodiversidad.

**Tabla 3.** Distribución de la abundancia de árboles por estructura diamétrica

Estructura diamétrica (cm)	Abundancia/ha
40	0,14
50	0,24
60	0,26
70	0,13
80	0,07
90	0,04
100	0,05

#### **4.3.2. Modelo alométrico que se ajustó a la estructura diamétrica y abundancia**

La tabla 4 presenta un resumen de los modelos alométricos y sus parámetros estimados para ajustarse a la distribución de árboles por estructura diamétrica. En ella se muestra el tipo de modelo alométrico utilizado, el número total de parámetros estimados en cada modelo, así como los coeficientes estimados, que incluyen la constante y otros coeficientes dependiendo del modelo. Además, se proporciona la correlación ( $r$ ) entre las variables independientes y dependientes, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que indica la proporción de la variación explicada por el modelo, el  $R^2$  ajustado ajustado por el número de términos y el tamaño de la muestra, el error estándar de estimación (SEE) que muestra la desviación estándar de los residuos del modelo, y el residuo que representa la diferencia entre el valor observado y el valor predicho por el modelo.

Cada fila de la tabla corresponde a un modelo alométrico diferente. Por ejemplo, el modelo lineal tiene una correlación ( $r$ ) de 0,749, lo que indica una relación moderada entre las variables. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,560 sugiere que alrededor del 56,0% de la variabilidad en la distribución de árboles por estructura diamétrica puede ser explicada por el modelo. Esto indica que el modelo tiene cierta capacidad para explicar la variación en los datos, pero no es muy alto, lo que podría indicar que otros factores no considerados por el modelo también influyen en la distribución de árboles. Por otro lado, el modelo logarítmico presenta una correlación ( $r$ ) de 0,694, lo que sugiere una relación moderada entre las variables. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,481 indica que aproximadamente el 48,1% de la variabilidad en la distribución de árboles por estructura diamétrica puede ser explicada por el modelo logarítmico. Esto sugiere

que el modelo logarítmico tiene una capacidad relativamente buena para explicar la variación en los datos en comparación con el modelo lineal.

El modelo compuesto se ajusta a la estructura diamétrica y abundancia de árboles, como se evidencia en los siguientes valores: una correlación ( $r$ ) de 0,833, un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,695 y un  $R^2$  ajustado de 0,634. Estos valores indican una fuerte relación entre las variables y una capacidad considerable para explicar la variabilidad en la distribución de árboles por estructura diamétrica. Además, el error estándar de estimación (SEE) es relativamente bajo, con un valor de 0,447, lo que sugiere una precisión razonable en las predicciones del modelo. Sin embargo, el residuo de 1,001 indica que aún hay una discrepancia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo.

Es importante destacar que los modelos alométricos de crecimiento, exponencial y logístico también exhiben valores similares en términos de correlación, coeficiente de determinación,  $R^2$  ajustado, SEE y residuo. Sin embargo, se optó por el modelo alométrico compuesto debido a su simplicidad, ya que implica menos variables y, por lo tanto, es más fácil de utilizar en la práctica.

$$Y = 0,7865 * (0,9719^d)$$

Y = Estimación del número de árboles; d = Estructura diamétrica

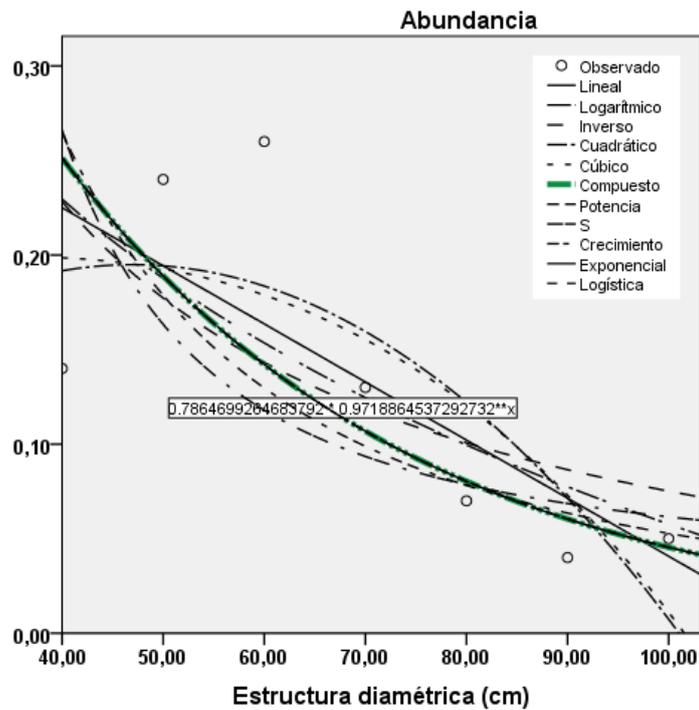
El modelo compuesto ofrece una herramienta eficaz para comprender y predecir la distribución de árboles por estructura diamétrica en un área determinada. Su capacidad para capturar la complejidad de esta distribución lo convierte en una opción valiosa para la gestión forestal y la conservación de la biodiversidad.

**Tabla 4.** Modelos alométricos evaluados a la estructura diamétrica y abundancia

Ecuación	Resumen de los modelos				Parámetros estimados				r	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	SEE	Residuo
	gl1	gl2	F	Sig.	Const.	b1	b2	b3					
Lineal	1	5	6,371	0,053	0,348	-0,003			0,749	0,560	0,472	0,064	0,021
Logarítmica	1	5	4,636	0,084	0,921	-0,188			0,694	0,481	0,377	0,070	0,024
Inversa	1	5	3,064	0,140	-0,027	10,214			0,616	0,380	0,256	0,076	0,029
Cuadrático	2	4	3,548	0,130	0,048	0,006	-6,667E-5		0,800	0,639	0,459	0,065	0,017
Cúbico	2	4	3,219	0,147	0,174	0,001	-2,673E-7		0,785	0,617	0,425	0,067	0,018
Compuesto	1	5	11,372	0,020	0,786	0,972			0,833	0,695	0,634	0,447	1,001
Potencia	1	5	7,799	0,038	174,874	-1,760			0,781	0,609	0,531	0,506	1,281
S-curva	1	5	4,989	0,076	-3,765	97,653			0,707	0,499	0,399	0,573	1,641
Crecimiento	1	5	11,372	0,020	-0,240	-0,029			0,833	0,695	0,634	0,447	1,001
Exponencial	1	5	11,372	0,020	0,786	-0,029			0,833	0,695	0,634	0,447	1,001
Logística	1	5	11,372	0,020	1,272	1,029			0,833	0,695	0,634	0,447	1,001

El modelo alométrico compuesto muestra las siguientes ventajas: Flexibilidad: Este modelo puede adaptarse a una amplia variedad de condiciones forestales y tipos de bosques, lo que lo hace versátil y aplicable en diferentes contextos. Precisión: Al combinar múltiples funciones de distribución de tamaños, el modelo compuesto puede capturar con mayor precisión la complejidad de la estructura diamétrica y la abundancia del número de árboles en un bosque. Mejora de la predicción: Al tener en cuenta varios factores que influyen en la distribución de tamaños de los árboles, como la competencia intra e interespecífica y los efectos del ambiente, el modelo compuesto puede proporcionar predicciones más precisas sobre la composición y la dinámica de la comunidad arbórea. Interpretación mejorada: Al descomponer la estructura diamétrica en diferentes componentes y funciones, el modelo compuesto puede proporcionar una comprensión más profunda de los procesos ecológicos que

subyacen a la distribución y abundancia de los árboles en un bosque. Aplicabilidad a la gestión forestal: Al proporcionar estimaciones precisas de la abundancia y la distribución de los árboles, este modelo puede ser una herramienta valiosa para la planificación y gestión forestal sostenible.



**Gráfico 3.** Estructura diamétrica y abundancia de árboles

El gráfico 3 ilustra la abundancia de árboles por estructura diamétrica. En el eje X se muestra la estructura diamétrica de los árboles, medida en centímetros, mientras que en el eje Y se representa el número de árboles en cada clase de estructura diamétrica. La línea verde representa el modelo alométrico compuesto ajustado a los datos, lo que permite visualizar cómo se relaciona la distribución de los árboles con su tamaño diamétrico.

El modelo alométrico compuesto se utiliza para describir la relación entre el diámetro de un árbol y su abundancia. Este modelo consta de dos partes principales: una parte lineal y una parte exponencial. La parte lineal captura las relaciones lineales entre el diámetro de los árboles y su abundancia en ciertos

rangos, mientras que la parte exponencial describe el comportamiento no lineal de la distribución de árboles en función de su tamaño diamétrico. Juntas, estas dos partes proporcionan una representación más completa y precisa de la relación entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles en el bosque.

La parte lineal del modelo alométrico compuesto describe la relación entre el diámetro de un árbol y su abundancia en diámetros pequeños. En esta instancia, indica que el número de árboles aumenta de manera lineal con el diámetro en este rango específico. La parte exponencial del modelo alométrico compuesto describe la relación entre el diámetro de un árbol y su abundancia en diámetros grandes. En esta situación, la parte exponencial del modelo alométrico compuesto indica que el número de árboles aumenta de manera exponencial con el diámetro en este rango específico.

El modelo alométrico compuesto tiene varias implicaciones para la abundancia de árboles en el bosque. En primer lugar, sugiere que hay más árboles pequeños que grandes en el bosque, lo que se atribuye a la disminución de la tasa de crecimiento de los árboles a medida que aumentan de tamaño. En segundo lugar, indica que la abundancia de árboles aumenta exponencialmente con el diámetro en diámetros grandes, lo cual se explica por la mayor probabilidad de que los árboles grandes produzcan semillas y sobrevivan en comparación con los más pequeños.

#### **4.4. Modelo alométrico que se ajustó a la estructura diamétrica y abundancia de la especie *Iryanthera elliptica***

##### **4.4.1. Estructura diamétrica**

La tabla 5 ofrece información sobre la abundancia de árboles por estructura diamétrica, mostrando la distribución de la cantidad de árboles por hectárea según

el diámetro de sus troncos. Para interpretar estos datos, es esencial comprender que la estructura diamétrica se refiere al rango de diámetros que exhiben los árboles en una región específica.

En el primer intervalo de estructura diamétrica de 40 cm, se observa una abundancia de árboles de 0,112 árboles por hectárea. Esto implica que, en una hectárea de terreno, hay aproximadamente 0,112 árboles con un diámetro de 40 cm. Avanzando al siguiente intervalo de 50 cm de estructura diamétrica, la abundancia aumenta a 0,205 árboles por hectárea, indicando una mayor cantidad de árboles con un diámetro de 50 cm en comparación con los de 40 cm por hectárea. Este patrón se mantiene en el intervalo de 60 cm, con una leve elevación en la abundancia de árboles, alcanzando 0,213 árboles por hectárea. Este aumento podría sugerir una tendencia de crecimiento de los árboles o una mayor densidad de población en este rango de diámetro.

A medida que la estructura diamétrica aumenta a 70 cm, se nota una reducción en la abundancia de árboles, disminuyendo a 0,099 árboles por hectárea. Este descenso podría sugerir influencias como la selección natural o intervenciones humanas que ocasionan una menor densidad de árboles en este rango de diámetro.

La tendencia decreciente prosigue en los siguientes intervalos de 80 cm, 90 cm y 100 cm, con 0,042, 0,014 y 0,002 árboles por hectárea respectivamente. Estos valores señalan una reducción notable en la abundancia de árboles conforme aumenta el diámetro de sus troncos, lo que posiblemente refleje procesos naturales de competencia por recursos, selección artificial o influencia humana.

**Tabla 5.** Distribución de la abundancia de árboles por estructura diamétrica de la especie *Iryanthera elliptica*

Estructura diamétrica (cm)	Abundancia/ha
40	0,112
50	0,205
60	0,213
70	0,099
80	0,042
90	0,014
100	0,002

#### 4.4.2. Modelo alométrico

El modelo alométrico compuesto, adaptado para la estructura diamétrica y la abundancia de árboles, exhibe una constante de 5,618 y un coeficiente de regresión  $b_1$  de 0,934. Este coeficiente representa la pendiente de la relación entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles (Tabla 6).

$$Y = 5,61796 * (0,93417^d)$$

Y = Estimación del número de árboles; d = Estructura diamétrica

El coeficiente de correlación ( $r$ ) es de 0,869, lo que sugiere una correlación positiva moderadamente fuerte entre las dos variables. Esto implica que a medida que aumenta la estructura diamétrica, también tiende a aumentar la abundancia de árboles, aunque con cierta variabilidad. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es de 0,755, lo que significa que aproximadamente el 75,5% de la variabilidad en la abundancia de árboles puede explicarse por la estructura diamétrica utilizando este modelo. Este valor indica la bondad del ajuste del modelo a los datos observados.

El coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$  ajustado) es de 0,706, lo que tiene en cuenta el número de variables independientes en el modelo y proporciona una medida más conservadora de la calidad del ajuste. Indica que aproximadamente el

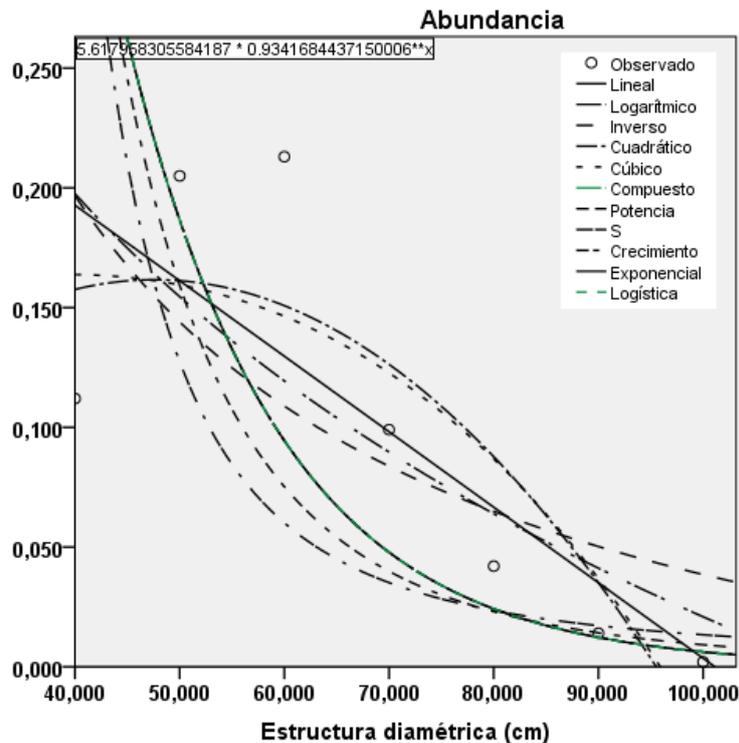
70,6% de la variabilidad en la abundancia de árboles puede explicarse por la estructura diamétrica, teniendo en cuenta la complejidad del modelo. El error estándar de la estimación (SEE) es de 0,919, lo que indica la cantidad promedio de variabilidad no explicada por el modelo. Un valor bajo de SEE indica un mejor ajuste del modelo a los datos. Finalmente, el residuo del modelo es de 4,221, que es la diferencia entre el valor observado y el valor predicho por el modelo. Esto sugiere que, en promedio, el modelo tiene un error de aproximadamente 4,221 unidades en la predicción de la abundancia de árboles basada en la estructura diamétrica.

**Tabla 6.** Modelos alométricos evaluados a la estructura diamétrica y abundancia de la especie *Iryanthera elliptica*

Ecuación	Resumen de los modelos				Parámetros estimados				r	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	SEE	Residuo
	gl1	gl2	F	Sig.	Const.	b1	b2	b3					
Lineal	1	5	8,473	0,033	0,319	-0,003			0,793	0,629	0,555	0,057	0,016
Logarítmica	1	5	5,908	0,059	0,909	-0,193			0,736	0,542	0,450	0,064	0,020
Inversa	1	5	-0,067	0,109	10,554	-0,067			0,657	0,432	0,318	0,071	0,025
Cuadrático	2	4	5,215	0,077	0,002	0,007	-7,036E-5		0,850	0,723	0,584	0,055	0,012
Cúbico	2	4	4,686	0,089	0,128	0,001	-2,925E-7		0,837	0,701	0,551	0,058	0,013
Compuesto	1	5	15,380	0,011	5,618	0,934			0,869	0,755	0,706	0,919	4,221
Potencia	1	5	8,710	0,032	1576575,768	-4,118			0,797	0,635	0,562	1,120	6,275
S-curva	1	5	5,160	0,072	-6,572	225,610			0,713	0,508	0,409	1,301	8,467
Crecimiento	1	5	15,380	0,011	1,726	-0,068			0,869	0,755	0,706	0,919	4,221
Exponencial	1	5	15,380	0,011	5,618	-0,068			0,869	0,755	0,706	0,919	4,221
Logística	1	5	15,380	0,011	0,178	1,070			0,869	0,755	0,706	0,919	4,221

Los modelos alométricos de crecimiento, exponencial y logístico, al igual que el modelo compuesto, se emplean para analizar la relación entre dos variables, en este caso, la estructura diamétrica y la abundancia de árboles. Sin embargo, el

modelo compuesto se destaca por su simplicidad y eficacia, ya que requiere menos variables y es más fácil de interpretar. Esto lo hace una opción atractiva para el análisis de este tipo de datos, especialmente en contextos donde se valora la claridad y la facilidad de uso en la interpretación de resultados.



**Gráfico 4.** Estructura diamétrica y abundancia de árboles de la especie *Iryanthera elliptica*

El gráfico 4 muestra la estructura diamétrica y abundancia de árboles de la especie *Iryanthera elliptica*, donde el eje X representa el diámetro de los árboles de la especie *Iryanthera elliptica*. Se mide en centímetros (cm) y el eje Y representa la abundancia de árboles de la misma especie. Se mide en individuos por unidad de área.

Es una observación perspicaz. La gráfica 4 proporciona una instantánea útil de la estructura y la dinámica de la población de árboles de la especie *Iryanthera elliptica* en un momento específico. Como señalan, la mayor abundancia de árboles

pequeños sugiere un proceso de crecimiento activo en la población. Sin embargo, para comprender completamente la dinámica a largo plazo de la población de árboles de *Iryanthera elliptica*, sería necesario realizar un seguimiento continuo a lo largo del tiempo para observar cualquier cambio o tendencia en la estructura diamétrica y la abundancia de árboles. Esto permitiría una evaluación más completa de su estado y tendencias de crecimiento.

La forma de "J" invertida en la curva es común en muchas poblaciones de árboles y refleja la dinámica de crecimiento de la población. La mayor abundancia de árboles pequeños sugiere una tasa de reclutamiento o crecimiento activa en la población, mientras que la menor abundancia de árboles grandes puede deberse a factores como la mortalidad natural, la competencia por recursos y el ciclo de vida de la especie. Esta relación entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles proporciona información valiosa sobre la dinámica de la población y su estado de salud.

#### **4.5. Relación de la estructura diamétrica y abundancia**

##### **4.5.1. Prueba de normalidad**

La tabla 7 presenta los resultados de la prueba de normalidad utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk para dos conjuntos de datos: la abundancia y la estructura diamétrica. En el caso de la abundancia, el valor del estadístico de Shapiro-Wilk es de 0,887, con un grado de libertad de 7, y el *p-valor* asociado es de 0,261. Para la estructura diamétrica, el valor del estadístico es de 0,978, con el mismo grado de libertad de 7, y un *p-valor* de 0,949.

El propósito es evaluar si los datos siguen una distribución normal, lo que significa que los datos están distribuidos simétricamente alrededor de su media, con la mayoría de los valores agrupados cerca de la media y una dispersión uniforme de

los valores a medida que se alejan de ella. Si los datos siguen una distribución normal, puede ser más apropiado utilizar ciertas pruebas estadísticas paramétricas para el análisis. Sin embargo, si los datos no siguen una distribución normal, pueden requerirse métodos estadísticos no paramétricos.

Un *p-valor* mayor que el nivel de significancia seleccionado (generalmente 0,05) sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal. En este caso, dado que los *p-valores* son mayores que 0,05 tanto para la abundancia como para la estructura diamétrica, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad en ninguno de los conjuntos de datos. Esto sugiere que ambos conjuntos de datos podrían seguir una distribución normal.

La distribución normal es fundamental en estadística debido a sus propiedades y su amplia aplicabilidad en diversos contextos. Su simetría y unimodalidad la hacen especialmente útil para modelar fenómenos naturales y sociales. Además, muchos métodos estadísticos, como las pruebas de hipótesis paramétricas y los intervalos de confianza, asumen que los datos provienen de una distribución normal, lo que resalta aún más su importancia en el análisis de datos.

La prueba de Shapiro-Wilk. Es una herramienta fundamental en estadística para evaluar la normalidad de un conjunto de datos. La comparación entre el *p-valor* obtenido y el umbral predefinido (generalmente 0,05) permite tomar decisiones sobre la hipótesis nula: si el *p-valor* es mayor que este umbral, no se rechaza la hipótesis nula y se asume que los datos provienen de una distribución normal; de lo contrario, si el *p-valor* es menor que el umbral, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 7.** Prueba de normalidad de la estructura diamétrica y abundancia

	Prueba de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Abundancia	,887	7	,261
Estructura diamétrica	,978	7	,949

#### 4.5.2. Relación

El análisis de correlación entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles se llevó a cabo utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Este coeficiente evalúa la relación lineal entre dos variables continuas. Los valores de correlación pueden variar entre -1 y 1: un valor de -1 indica una correlación negativa perfecta, 1 una correlación positiva perfecta y 0 sugiere ausencia de correlación (Tabla 7).

Los valores diagonales de la tabla de correlación de Pearson siempre son 1, ya que representan la correlación de cada variable consigo misma, lo que es perfectamente correlacionado por definición.

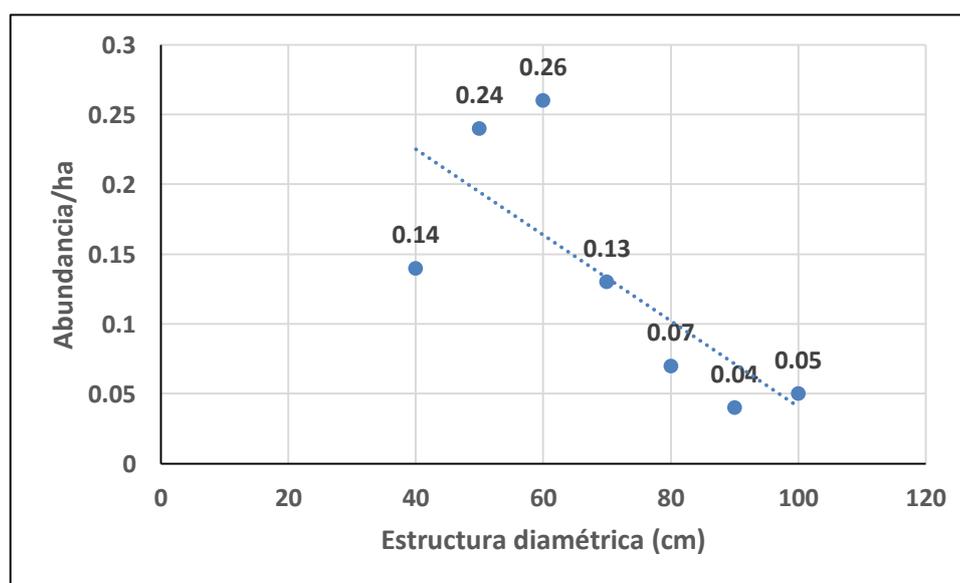
Un valor de correlación de -0,749 indica una correlación negativa buena entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles. Esto significa que cuando una variable aumenta, la otra tiende a disminuir, y viceversa. En este caso, sugiere que a medida que el diámetro de los árboles aumenta (lo que indica árboles más grandes), la abundancia de árboles tiende a disminuir, y cuando el diámetro de los árboles disminuye (lo que indica árboles más pequeños), la abundancia tiende a aumentar.

Los valores de significancia indican la probabilidad de obtener una correlación tan extrema como la observada si la verdadera correlación en la población fuera cero (hipótesis nula). Para que la correlación sea considerada estadísticamente significativa, el *p-valor* debe ser menor que el nivel de significancia establecido,

generalmente 0,05. En este caso, el p-valor bilateral es de 0,053, lo que indica que la correlación entre la estructura diamétrica y la abundancia no es estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 8.** Correlación entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles

Correlaciones			
		Estructura diamétrica	Abundancia
Estructura diamétrica	Correlación de Pearson	1	-,749
	Sig. (bilateral)		,053
	N	7	7
Abundancia	Correlación de Pearson	-,749	1
	Sig. (bilateral)	,053	
	N	7	7



**Gráfico 5.** Correlación de estructura diamétrica y abundancia

El gráfico 5 ilustra la relación entre el diámetro promedio de los árboles y su abundancia. El eje horizontal, o eje X, representa el diámetro promedio de los árboles, expresado en centímetros, mientras que el eje vertical, o eje Y, representa la abundancia de árboles por hectárea.

La curva en el gráfico indica que a medida que el diámetro promedio de los árboles aumenta, la abundancia de árboles por hectárea tiende a disminuir. Esto sugiere

que los árboles más grandes, representados por un diámetro promedio mayor, son menos frecuentes en el bosque en comparación con los árboles más pequeños. Este patrón puede ser útil para comprender la estructura y la dinámica del bosque de colina baja, así como para informar sobre la gestión forestal sostenible, considerando cómo la distribución de árboles de diferentes tamaños afecta la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema.

La estructura diamétrica de un bosque, como se observa en el gráfico 6, está influenciada por una variedad de factores, incluida la competencia entre los árboles por los recursos, como la luz solar, el agua y los nutrientes del suelo. Los árboles de mayor diámetro suelen ser más competitivos y pueden acceder a estos recursos de manera más efectiva, lo que los hace más abundantes en el bosque. Además, las perturbaciones ambientales, como incendios forestales, tormentas o actividades humanas, también pueden afectar la estructura diamétrica al eliminar árboles de diferentes tamaños y edades, lo que puede cambiar la distribución de diámetros en el bosque.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La tabla 8 presenta una correlación entre la distribución de árboles por diámetro (estructura diamétrica) y su cantidad por unidad de área (abundancia). Un coeficiente positivo indicaría que a mayor diámetro mayor abundancia, mientras que uno negativo sugeriría lo contrario. La interpretación depende de factores como el tipo de bosque, procesos ecológicos y manejo forestal. Estudios adicionales son necesarios para comprender la dinámica completa de esta relación.

La relación de Pearson entre la distribución diamétrica y la cantidad de árboles muestra un coeficiente de  $-0,749$ . Esta cifra negativa sugiere una conexión inversa entre ambas variables. En resumen, a medida que aumenta la distribución diamétrica (con más árboles de mayor diámetro), la cantidad de árboles tiende a decrecer. Respecto al valor de significancia bilateral (*p-value*) asociado, este es de  $0,053$ , superando el nivel de significancia convencional ( $0,05$ ). Por lo tanto, la relación entre la distribución diamétrica y la cantidad de árboles carece de relevancia estadística. A pesar de ello, el coeficiente de  $-0,749$  refleja una correlación buena y negativa.

Según Reynafarje (2014, p. 54), se observa el coeficiente de correlación más elevado en el bosque de colina alta ( $r=0,83$ ), mientras que en el bosque de terraza baja se registra el valor más bajo ( $r=0,67$ ). Por otro lado, Sandoval (2014, p. 42) indica que el bosque de colina baja exhibe un coeficiente de correlación de  $r=0,09$ . Además, destaca que la especie *Virola albidiflora*, conocida como "cumala blanca hoja marrón", presenta el mayor grado de asociación ( $0,81$ ), en contraste con *Otoba parvifolia*, denominada "cumala aguanillo", que muestra el menor grado de asociación ( $0,34$ ). Amador (2023, p.23) sostiene que la correlación es moderada

( $r=0,239$ ) y resalta que el *p*-valor de 0,000 es inferior a 0,01, concluyendo así que la correlación entre el DAP y la altura total es significativa al nivel de 0,01. La disparidad observada al comparar estos hallazgos con los resultados de nuestro estudio podría atribuirse a una interacción compleja de diversos factores geográficos, ambientales, socioeconómicos, políticos, legales e históricos. La comprensión detallada de estos elementos resulta crucial para una interpretación precisa de los análisis de correlación.

Basándonos en los resultados del análisis de correlación, se puede inferir que hay una relación negativa entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles en este bosque, aunque estadísticamente no es significativa. Esto sugiere que los bosques con una mayor proporción de árboles de mayor diámetro tienden a tener una menor cantidad de árboles en general.

La relación negativa podría explicarse por diversos factores, entre ellos la competencia por recursos. Los árboles de mayor diámetro suelen competir más intensamente por recursos limitados como la luz, el agua y los nutrientes. Esto podría resultar en una menor densidad de árboles en zonas con una mayor proporción de árboles grandes. Además, los bosques están en constante cambio debido a procesos naturales como el crecimiento, la muerte y la perturbación de los árboles. Los árboles de mayor diámetro, al ser más susceptibles a la mortalidad por causas naturales, podrían crear espacios para que crezcan árboles más jóvenes, contribuyendo así a una menor abundancia de árboles grandes en bosques maduros. Además, las condiciones ambientales, como la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua, también pueden influir tanto en la estructura diamétrica como en la abundancia de árboles. Por ejemplo, los bosques ubicados en suelos

menos fértiles o con menor disponibilidad de agua podrían tener una menor abundancia de árboles en general, independientemente de su estructura diamétrica.

Es crucial tener en mente que la correlación observada en esta tabla no necesariamente implica una relación causal entre la estructura diamétrica y la abundancia de árboles. Es factible que haya otros factores no contemplados en este análisis que también influyan en la relación entre estas variables. Se requerirían estudios adicionales para esclarecer la naturaleza causal de dicha relación en este bosque.

En estadística, el *p-valor* (o valor de  $p$ ) representa la probabilidad de obtener un resultado igual de extremo o más extremo que el observado, suponiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) sea verdadera. Por otro lado, el nivel de significancia ( $\alpha$ ) es un umbral predeterminado utilizado para determinar si un resultado es estadísticamente significativo. En términos generales, se considera que un resultado es estadísticamente significativo si el *p-valor* es menor que el nivel de significancia establecido. En nuestro caso, el *p-valor* es de 0,053, lo que supera el nivel de significancia comúnmente aceptado de 0,05. Por lo tanto, no podemos rechazar la hipótesis nula en este caso.

Un resultado no significativo no implica automáticamente que la hipótesis nula sea verdadera. Simplemente indica que no disponemos de suficiente evidencia para rechazarla con el nivel de confianza predefinido ( $\alpha$ ). En otras palabras, no podemos concluir definitivamente que la hipótesis nula sea cierta o falsa en base a ese resultado.

La prueba de correlación es una herramienta estadística esencial para evaluar la relación entre dos variables. Su aplicación abarca una amplia gama de campos del

conocimiento, desde la investigación científica hasta la toma de decisiones en entornos empresariales. Esto la convierte en un recurso invaluable para profundizar nuestra comprensión del mundo que nos rodea.

La prueba de correlación es una herramienta esencial en la investigación y el análisis de datos por múltiples razones: primero, permite determinar la relación entre variables, incluso cuando no es evidente de manera directa, lo que facilita la comprensión de fenómenos estudiados; segundo, posibilita la predicción de valores de una variable en función de otra, informando así decisiones en distintos contextos; tercero, su uso permite evaluar la efectividad de intervenciones o tratamientos al comparar valores antes y después de estas intervenciones; cuarto, es útil para explorar relaciones complejas entre múltiples variables, identificando patrones y tendencias en los datos; y finalmente, valida teorías y modelos al comparar resultados esperados con datos observados, contribuyendo al avance del conocimiento en diversas disciplinas.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. En el registro se identificaron un total de 7 especies pertenecientes a 4 familias botánicas y distribuidas en 7 géneros. Destacando, la especie *Iryanthera elliptica*, la cual registró la mayor cantidad de árboles con un total de 844 individuos, seguida por *Cariniana multiflora* con 146 árboles.
2. Se registró una densidad de 0,930 árboles por hectárea, con un total de 1141 árboles contabilizados. La especie *Iryanthera elliptica* presenta la mayor densidad de árboles con 0,688 árboles por hectárea, seguida por *Cariniana multiflora* con 0,119 árboles por hectárea.
3. Se ajustó un modelo alométrico compuesto tanto a la estructura diamétrica y abundancia general ( $Y = 0,7865 * (0,9719^d)$ ) como a la estructura diamétrica y abundancia específica de la especie *Iryanthera elliptica* ( $Y = 5,61796 * (0,93417^d)$ ).
4. La correlación entre la estructura diamétrica y la abundancia es de -0,749, lo que sugiere una correlación negativa buena. Esto significa que a medida que la estructura diamétrica aumenta, la abundancia de árboles tiende a disminuir, y viceversa.

## CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Resaltar la importancia de identificar la variable asociada debido a su buena relación inversa ( $r = -0,749$ ), indicando su relevancia en la predicción del resultado. Es vital validar el modelo para verificar si esta correlación contribuye efectivamente a mejorar la precisión de las predicciones de la estructura diamétrica y abundancia.
2. Revisar las variables involucradas y ajustar su representación o considerar la inclusión de variables adicionales para modificar la relación de manera que su relación con la otra variable se vuelva positiva.
3. Incluir la estructura diamétrica desde 10 cm de DAP con el propósito de evaluar cómo se relaciona con la abundancia.

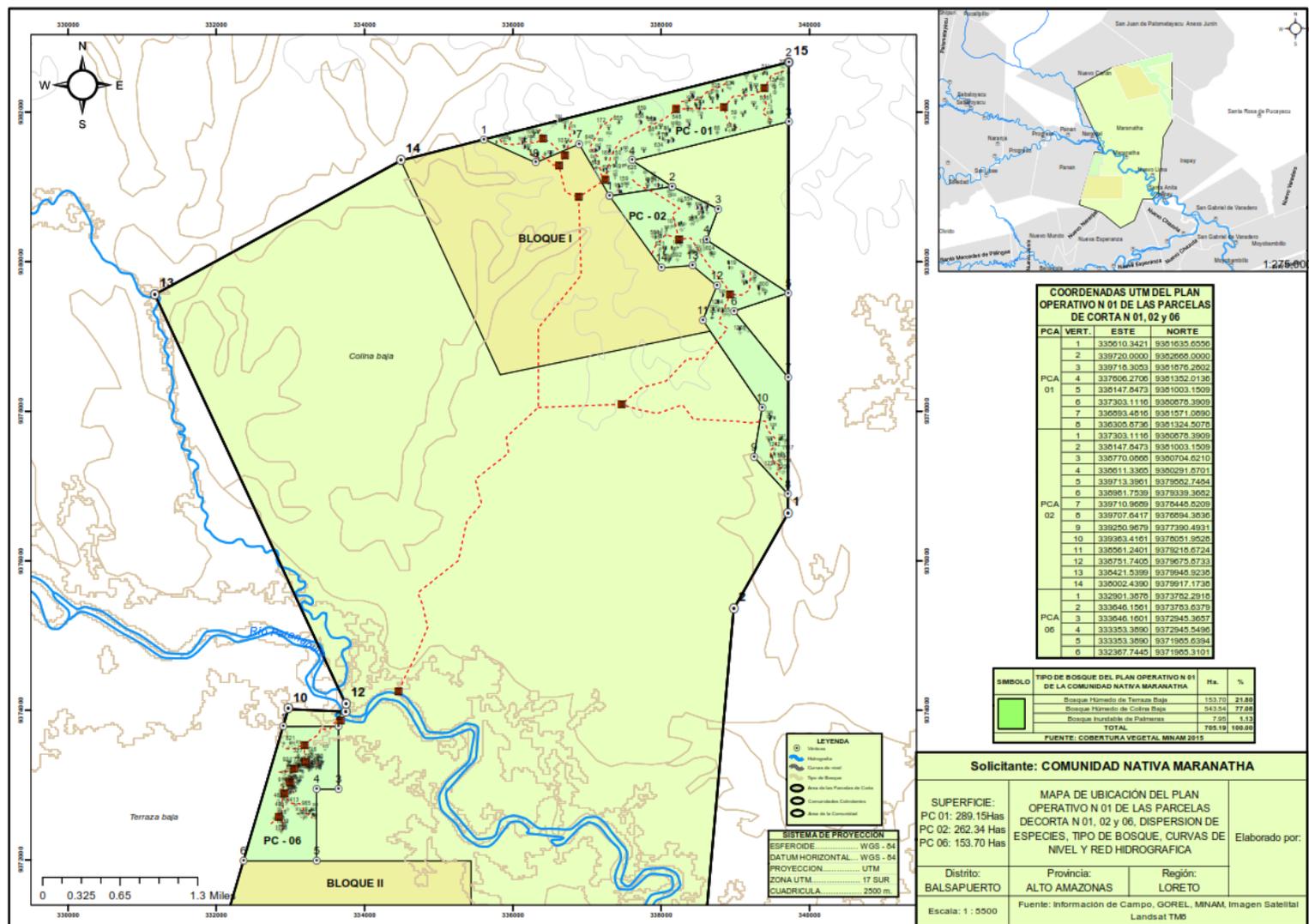
## CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alvarado, J. S. (2013). *Estructura horizontal y valoración económica de las especies de madera comercial en cuatro tipos de bosque, distrito de Torres Causana, Loreto, Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].  
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2415>
- Burga, R. (2008). *Influencia de las características físicas y químicas del suelo sobre la estructura y composición florística en diferentes fisonomías en el sector Cabalococha-Palo Seco-Buen Suceso, Loreto- Perú*. [Tesis de Doctor, Universidad Nacional de Trujillo].  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5232>
- Cancino, J. O. 2012. (Dendrometría básica). [Universidad de Concepción]. ISBN: 9568029672. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/407>
- García, D. F. (2014). *Composición y estructura florística del bosque de neblina montano, del sector "San Antonio De La Montaña", Cantón Baños, provincia de Tungurahua*. [Tesis de Ingeniero, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3476>
- Gallardo, G. P. (2015). *Estructura y diversidad florística de un bosque sobre arena blanca (varillal) en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Iquitos-Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].  
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3617>
- Louman, B., Quiros, D. y Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 252 p. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3971>

- Maldonado, K. D. (2016). *Estructura y composición florística, posterior al aprovechamiento de un bosque húmedo tropical en el nororiente de la amazonía ecuatoriana*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5331>
- 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*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4474>
- Quispe, W. (2010). *Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la región Madre de Dios*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://hdl.handle.net/20.500.14070/82>
- Rae y Asale. (2010). *Ortografía de la lengua española*. Espasa. <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>
- 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](https://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/edi1/edi1_f03.pdf)
- Sandoval, N. (2014). *Especies de importancia ecológica y relación entre la estructura diamétrica y la abundancia, en un bosque de colina baja. distrito de Mazán, Loreto, Perú-2013*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4307>

- Serrano, S. (2019). *Composición y diversidad florística del bosque montano El Cedro-San Silvestre de Cocján-San Miguel-Cajamarca*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Cajamarca].  
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/2831>
- 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>
- Wabo, E. (1999). *Estructura y densidad. Curso de dasometría. Guía de clases. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. Argentina*. 11 p.  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/7420/mod\\_folder/content/0/14\\_Estructura\\_y\\_densidad.pdf?forcedownload=1](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/7420/mod_folder/content/0/14_Estructura_y_densidad.pdf?forcedownload=1)

## **ANEXO**



Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio

## Anexo 2. Constancia de identificación botánica de las especies



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 045-2024 AMAZ-UNAP

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

#### HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas presentadas por **JIN POOL USHIÑAHUA SILVANO**, 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 DE LA ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y ABUNDANCIA EN BOSQUE DE COLINA BAJA, DISTRITO DE BALSAPUERTO, 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	ESPECIE	AUTOR	NOMBRE COMÚN
1	MYRISTICACEAE	<i>Otoba glycyarpa</i>	(Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.	"aguanillo"
2	LECYTHIDACEAE	<i>Cariniana multiflora</i>	Ducke	"cachimbo"
3	FABACEAE	<i>Copaifera multijuga</i>	Hayne	"copaiba"
4	MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera elliptica</i>	Ducke	"cumala"
5	FABACEAE	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Ducke	"huayruro"
6	MALVACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	(L.) Gaertn.	"lupuna"
7	FABACEAE	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	(Ducke) Ducke	"tornillo"

Determinador: Ing. Darío Davila Paredes

A los veintinueve días del mes de abril del año dos mil veinticuatro, se expide la presente constancia a los interesados para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,

  
Richard J. Huaranca Acóstupa  
Coordinador Herbarium Amazonense  
CIRNA - UNAP

