

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN BOSQUE  
SECUNDARIO DE TULUMAYO TINGO MARÍA – HUÁNUCO**

**Tesis**

**Para optar el título:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**PRESENTADO POR:**

**EDINSON LENIN LINGAN ARELLANO**

Tingo María – Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**Tingo María- Perú**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°093-2023-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de setiembre de 2023, a horas 7:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN BOSQUE SECUNDARIO DE TULUMAYO TINGO MARÍA - HUÁNUCO”**

Presentado por el Bachiller: **LINGAN ARELLANO, EDINSON LENIN**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 19 de octubre de 2023

  
**Dra. YANÉ LEVI RUÍZ**  
**PRESIDENTE**



  
**Ing. M. Sc. WARREN RÍOS GARCÍA**  
**MIEMBRO**

  
**Ing. M. Sc. PERCI PETER COAGUILA RODRÍGUEZ**  
**MIEMBRO**

  
**Ing. M. Sc. EDILBERTO DÍAZ QUINTANA**  
**ASESOR**



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 290 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN BOSQUE SECUNDARIO DE TULUMAYO TINGO MARÍA – HUÁNUCO	EDINSON LENIN LINGAN ARELLANO	<b>18 %</b> <b>Dieciocho</b>

Tingo María, 26 de octubre de 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
-----  
Dr. Tomas Merlacho Mallqui  
DIRECTOR

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



### ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN BOSQUE SECUNDARIO DE TULUMAYO TINGO MARÍA – HUÁNUCO

<b>Autor</b>	: EDINSON LENIN, Lingan Arellano
<b>Asesores</b>	: Ing. M.Sc. DÍAZ QUINTANA, Edilberto
<b>Programa de investigación</b>	: Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología
<b>Línea de Investigación</b>	: Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, recursos naturales, bienes y servicios ecosistémicos
<b>Eje temático de investigación</b>	: Manejo de bosques naturales y otros ecosistemas
<b>Lugar de ejecución</b>	: Predio Tulumayo de la Universidad Nacional
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio S/. 6 520,00

Tingo María – Perú. 2023



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
OFICINA DE INVESTIGACION**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL  
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE  
Y TESISISTA**

**(Resol. N° 163-2022-D-FRNR-UNAS)**

**I. Datos Generales de Pregrado**

<b>Universidad</b>	: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<b>Facultad</b>	: Facultad de Recursos Naturales Renovables.
<b>Título de tesis</b>	: Análisis Estructural de la Vegetación Arbórea en Bosques Secundarios de Tulumayo Tingo María - Huánuco
<b>Autor</b>	: Lingan Arellano, Edinson Lenin.
<b>Asesor de tesis</b>	: Ing. M.Sc. Díaz Quintana, Edilberto.
<b>Escuela Profesional</b>	: Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.
<b>Programa de investigación</b>	: Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología.
<b>Línea(s) de investigación</b>	: Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, recursos naturales, bienes y servicios ecosistémicos.
<b>Eje Temático</b>	: Manejo de bosques naturales y otros ecosistemas.
<b>Lugar de ejecución</b>	: Predio Tulumayo de la Universidad Nacional.
<b>Duración</b>	: Inicio : Noviembre 2021 Término : Abril 2022
<b>Financiamiento</b>	: FEDU : S/0.00 Propio : S/6,520.00 Otros : S/0.00

**Tingo María, Perú, octubre 2023.**

Lingan Arellano, Edinson Lenin.

**Tesista**

Ing. M.Sc. Díaz Quintana, Edilberto

**Asesor**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis principalmente a Dios por ser mi máximo guía.

Y a toda mi familia. Principalmente, a mi padre como también a mi madre que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio

A mis amigos de siempre no los nombro a todos porque no acabaría gracias por mostrarme amistad verdadera.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi querida Alma Mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, a la Facultad de Recursos Naturales Renovables, escuela profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, su gentil plana docente y mentor, por contribuir en mi formación profesional.

A mi asesor, Ing. M.Sc. DÍAZ QUINTANA, Edilberto, docente de la escuela profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, por su soporte, estoicismo y alineación profesional que fueron trascendentales para el desarrollo de esta investigación.

A mis familiares y amigos que de alguna forma contribuyeron a logro de mis objetivos y al desarrollo y culminación de la investigación.

A los estudiantes de la Escuela Profesional de Recursos Naturales Renovables, quienes me apoyaron en la evaluación de campo, a todos ellos mi sincero agradecimiento y abrazo fraterno.

# ÍNDICE

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Bosques secundarios .....	3
2.1.2. Estructura horizontal del bosque.....	3
2.1.2.1. Abundancia .....	4
2.1.2.2. Dominancia.....	4
2.1.2.3. Frecuencia.....	4
2.1.2.4. Índice de valor de importancia (IVI) .....	5
2.1.2.5. Homogeneidad .....	5
2.1.2.6. Cobertura .....	5
2.1.3. Estructura vertical del bosque.....	5
2.1.3.1. Posición sociológica (PS) .....	6
2.1.3.2. Índice de espacio vital .....	6
2.1.4. Estructura bidimensional del bosque .....	6
2.2. Estado del arte .....	6
2.2.1. Internacional .....	6
2.2.2. Nacional .....	7
2.2.3. Local .....	8
2.3. Marco conceptual .....	9
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	10
3.1.1. Ubicación geográfica y política .....	10
3.1.2. Zona de vida.....	10
3.1.3. Clima.....	10
3.2. Material y métodos .....	10
3.2.1. Material y equipos .....	11
3.2.2. Metodología.....	11
3.2.2.1. Población y muestra.....	11

3.2.2.2. Diseño de muestreo.....	11
3.2.2.3. Forma de la unidad de muestreo .....	12
3.2.2.4. Tamaño de la muestra .....	13
3.2.2.5. Tipo de muestreo .....	13
3.2.3. Investigación y desarrollo.....	13
3.2.3.1. Etapa de planificación.....	13
a) Técnicas bibliográficas. ....	14
b) b) Técnicas de campo. “ .....	14
c) En campo se utilizó la observación y equipos como binoculares, inclinómetros, GPS, cámaras digitales, y otros.” .....	14
a) Medios bibliográficos. ....	14
b) Fichas de contenido o de investigación. ....	14
c) Herramienta de estadísticas. ....	14
3.2.3.2. Etapa de evaluación en campo.....	14
3.2.3.3. Etapa de gabinete.....	16
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
4.1.1. Abundancia .....	23
4.1.2. Frecuencia .....	24
4.1.3. Dominancia .....	25
4.1.4. Homogeneidad .....	26
4.1.5. Índice de valor de importancia.....	27
4.1.6. Índice de distribución espacial (estructura horizontal) .....	28
4.1.7. Cobertura de la vegetación arbórea.....	28
4.2. Estimación de la estructura vertical de la vegetación arbórea del bosque secundario en Tulumayo .....	29
4.2.1. Posición sociológica.....	29
4.2.2. Índice de espacio vital.....	30
4.3. Estimación de la estructura bidimensional .....	31
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>33</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Páginas
1. Coordenadas UTM de las unidades muestrales de la investigación.....	10
2. Variables e indicadores.....	15
3. Grado de homogeneidad de las especies arbóreas del bosque secundario. ....	26
4. Índice de Morisita de las especies arbóreas del bosque secundario. ....	28
5. Índice del bioespacio de especies arbóreas en bosques secundarios.....	31
6. Composición florística del bosque secundario en Tulumayo.....	46
7. Abundancia absoluta y relativa.....	46
8. Índice de valor de importancia .....	47
9. Frecuencia absoluta y relativa. ....	47
10. Dominancia absoluta y relativa. ....	48
11. Valor de cobertura. ....	48
12. Posición sociológica. ....	49
13. Índice de valor forestal. ....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1. Bosquejo de distribución de UM en bosque secundario.....	12
2. La forma de la unidad de muestreo. ....	13
3. Medición del diámetro de copa (Tomado de González, Avella y Díaz, 2015). ....	16
4. Abundancia relativa de las especies arbóreas del bosque secundario. ....	24
5. Frecuencia relativa de las especies arbóreas del bosque secundario. ....	25
6. Dominancia relativa de las especies arbóreas del bosque secundario. ....	26
7. Índice de valor de importancia de las especies de árboles en los bosques secundarios. ....	27
8. Valor de cobertura para especies arbóreas en bosques secundarios. ....	29
9. Posición sociológica de las especies arbóreas del bosque secundario.....	30
10. Índice de valor forestal de las especies arbóreas del bosque secundario.....	31
11. Ubicación de la unidad de muestreo.....	50
12. Instalación del letrero de investigación. ....	50
13. Equipos y herramientas utilizadas en la evaluación de campo.....	51
14. Registro de información en formatos de campo.....	51
15. Medición del diámetro del árbol.....	52
16. Lectura del diámetro del árbol en la cinta diamétrica. ....	52
17. Medición de distancia desde el punto central de la UM al árbol a evaluar. ....	53
18. Medición de distancia y azimut al árbol a evaluar. ....	53

## RESUMEN

La investigación propuso conocer ¿Cuál será la estructura de la vegetación arbórea en bosque secundario de Tulumayo? Con objetivos de analizar y estimar la estructura horizontal, estructura vertical y estructura bidimensional, en 10 ha, evaluándose cinco muestras de 0,05 ha. La metodología fue la observación científica, no experimental, transversal y descriptivo, el trabajo de campo se inició con la localización de las muestras, seguidamente evaluándose el diámetro del fuste, altura total y diámetro de copa vegetación arbórea, para luego procesar. Los resultados encontrados son 30 individuos, siete familias y 10 especies botánicas, siendo *Artocarpus altilis* la más abundante. En conclusión, *Artocarpus altilis* es abundante con 36,67 %, las especies más frecuentes fueron *Cecropia membranaceae* y *Artocarpus altilis* con el 20 % cada uno, y las especies más dominantes fueron *Cecropia membranaceae* (25 %), *Schizolobium parahyba* (23 %) y *Artocarpus altilis* (22 %). El grado de homogeneidad es -0,33 considerándose no homogéneo. El IVI se muestra alto en *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranaceae*. La distribución espacial (Morisita=1,011) fue aleatoria. La cobertura fue mayor en *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranaceae*. La estructura vertical con la posición sociológica fue mayor en las especies *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranaceae*, mostrando además al índice de espacio vital con 0,53 a *Senegalia loretensis*. La estructura bidimensional con el índice de valor forestal fue 94,97 % en *Artocarpus altilis* y 79,29 % en *Cecropia membranaceae*.

Palabras claves: Bosque secundario, especies arbóreas, análisis horizontal, análisis vertical y espacio vital.

## ABSTRACT

The research proposed to know what will be the structure of the arboreal vegetation in the secondary forest of Tulumayo? With the objective of analyzing and estimating the horizontal structure, vertical structure and two-dimensional structure, in 10 ha, evaluating five samples of 0.05 ha. The methodology was scientific observation, non-experimental, cross-sectional and descriptive, the field work began with the location of the samples, followed by the evaluation of DBH, total height and crown diameter of the tree vegetation, and then the processing of the samples. The results found are 30 individuals, seven families and 10 botanical species, being *Artocarpus altilis* the most abundant. In conclusion, *Artocarpus altilis* is abundant with 36.67 %, the most frequent species were *Cecropia membranaceae* and *Artocarpus altilis* with 20 % each, and the most dominant species were *Cecropia membranaceae* (25 %), *Schizolobium parahyba* (23 %) and *Artocarpus altilis* (22 %). The degree of homogeneity is -0.33 and is considered non-homogeneous. The IVI is high in *Artocarpus altilis* and *Cecropia membranaceae*. The spatial distribution (Morisita=1.011) was random. Coverage was higher in *Artocarpus altilis* and *Cecropia membranaceae*. The vertical structure with the sociological position was higher in the species *Artocarpus altilis* and *Cecropia membranaceae*, showing in addition to the living space index with 0.53 to *Senegalia loretensis*. The two-dimensional structure with the forest value index was 94.97 % in *Artocarpus altilis* and 79.29 % in *Cecropia membranaceae*.

Key words: Secondary forest, tree species, horizontal analysis, vertical analysis and living space.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques del mundo cubren un 30 % de la superficie del planeta, de estas un 56 % son bosques tropicales y un gran porcentaje se encuentran en el continente sudamericano (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020) del que forma parte nuestro país. El constante crecimiento de la población rural hace que los bosques tropicales constantemente estén bajo amenaza de deforestación para instalar agricultura, y en muchos casos agricultura de subsistencia. En el Perú se pierden anualmente unos 140 000 ha/año y las consecuencias son la agricultura de subsistencia y los cultivos promisorios como el café, cacao y palma aceitera en nuestra selva peruana.

Esta ocupación desordenada del territorio hace que cada vez se vayan perdiendo los bosques y la diversidad de flora y fauna que ellas albergan. Además, que después de un periodo de uno a dos años estas áreas son abandonadas para pasar a bosques secundarios y el agricultor apertura nuevas áreas para la instalación de cultivos con cero tecnología principalmente, lo que hace que la fertilidad del suelo se pierda con rapidez, y posteriormente no pueda sustentar los nutrientes necesarios a la planta y se tenga que volver a aperturar nuevas áreas en el bosque, contribuyendo de esta manera a la constante pérdida de nuestros bosques amazónicos.

Sin embargo, los bosques secundarios son de suma importancia, debido a que múltiples publicaciones indican que secuestran mayor cantidad de carbono del ambiente. Asimismo, albergan una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas de las cuales no se conoce mucho su comportamiento ecológico para optar un manejo forestal sostenible. Estos aspectos hacen que la investigación en bosques secundarios revista de mucha importancia, más ahora que el estado tiene como meta la restauración del ecosistema y paisajes para restablecer la provisión de bienes y servicios de estos ecosistemas forestales. Y con esta información se pueda proponer políticas públicas para la mitigación del cambio climático en el país, en base al manejo de bosques secundarios. Ante este escenario, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál será la estructura de la vegetación arbórea en bosque secundario de Tulumayo?

Como ya se indicó, los bosques secundarios revisten de mucha importancia en el escenario actual y sirven para mitigar los efectos del cambio climático, y las investigaciones que se realicen en estos ecosistemas de bosques secundarios será de mucha utilidad al momento de formular proyectos de restauración o reforestación, por que serán capaces de conocer el Índice de

valor de importancia (IVI), así como también se podrán conocer las especies más abundantes, más frecuentes y las que cuentan con mayor densidad en cuanto a ocupación de espacio vital. Asimismo, esta información primaria, servirá para la toma de decisiones de gerente de proyectos, especialistas forestales, técnicos de campo e investigadores y público interesado en el manejo de los bosques secundarios. En este contexto, el estudio busca determinar si el análisis estructural de la vegetación arbórea en los bosques secundarios de Tulumayo es relevante.

**Objetivo general:**

Analizar la estructura de la vegetación arbórea en el bosque secundario de Tulumayo.

**Objetivos específicos:**

- Estimar la estructura horizontal (densidad, dominancia, frecuencia, homogeneidad, índice de valor de importancia ecológica, estructura y cobertura) de la vegetación arbórea en los bosques secundarios de Tulumayo.
- Estimar la estructura vertical (posición sociológica e índice de espacio vital) de la vegetación arbórea en los bosques secundarios de Tulumayo.
- Estimación de la estructura bidimensional (índice de valor forestal) de la vegetación arbórea en el bosque secundario de Tulumayo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Vegetación secundaria

Según Smith et al. (1997), un bosque secundario, también llamado bosque sucesional o claro, es vegetación leñosa que se desarrolla en terrenos perturbados. También es un bosque que se regenera por procesos naturales después de la perturbación natural o humana, también forman un componente importante y creciente del uso de la tierra y la cubierta forestal, y son fuentes importantes de bienes y servicios ecosistémicos, con diferencias significativas en la estructura del bosque y la composición de especies del dosel en comparación con tesoro (CATIE, 2016, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

En este sentido, Louman et al. (2002), afirman que en bosques secundarios de más de 10 hectáreas, el número mínimo de parcelas a establecer es de 100. CATIE et al. (1998) mencionan que son más precisos debido a los inventarios realizados en los bosques secundarios de Para (Brasil), Ucayali (Perú) y Río San Juan (Nicaragua), con una intensidad de muestreo del 10% que resulta muy representativa en comparación.

Por su parte, Spittler (1997a) y (1997b), realizaron inventarios forestales en bosques secundarios de la región norte de Costa Rica utilizando parcelas circulares de 6 m de radio (113,1 m<sup>2</sup>). Al compararlas con parcelas rectangulares, descubrieron que las parcelas circulares subestiman el área base y, en consecuencia, el volumen, posiblemente debido a un error sistemático por el que no se incluyen los árboles de los límites de la parcela.

Adicionalmente, Gómez et al. (1976), mencionaban que debido a su abundancia, su notoriedad en resolución a perturbaciones y sus posibilidades de uso en el presente y futuro, la biota de los bosques secundarios probablemente constituye la biota más importante de los bosques tropicales entre estos húmedos.

#### 2.1.2. Estructura horizontal del bosque

Monge (1999), propone que la estructura horizontal de los bosques es la disposición espacial de los individuos, esta ubicación no es aleatoria ya que sigue un patrón complejo que es difícil de manipular. En una línea similar, Legendre (1993) subraya que la distribución espacial o el patrón de los árboles determina la estructura horizontal de un bosque.

Tello (2002) afirmó que la estructura horizontal está representada por parámetros que indican la ocupación horizontal del suelo del bosque. Utiliza valores de abundancia, frecuencia y dominancia relativa para representar esto.

Alvis (2009), señala que la estructura forestal horizontal nos permite evaluar el comportamiento de las especies en la superficie del bosque. La estructura horizontal se puede evaluar utilizando índices de evolución de las especies. Esto nos permite conocer su importancia ecológica dentro de un ecosistema. Esto requiere evaluar la frecuencia, la abundancia y la dominancia, y sus sumas relativas indican el Índice de Valor de Importancia (IVI).

#### **2.1.2.1. Abundancia**

González (1999), afirmó que la ocurrencia de una especie en una localidad depende de su respuesta a cada variable ambiental presente. Por su parte Moreno (2001), nos dice que es un parámetro que nos permite conocer el número de individuos en una determinada región y el número de individuos por especie en relación con la población total. Además, medir la abundancia relativa por especie puede ayudar a identificar especies que son menos representativas dentro de las comunidades y, por lo tanto, más sensibles a las perturbaciones ambientales.

#### **2.1.2.2. Dominancia**

Según Sabogal (1980), es un parámetro mediante el cual se puede medir la capacidad de producción de un entorno. Lo encuentro muy útil para identificar características del sitio dentro de la misma zona. Por su parte Lamprecht (1990), describe como el grado de cobertura de especies, es decir, la relación entre el área basal de una especie y su área total.

#### **2.1.2.3. Frecuencia**

Lamprecht (1964), afirmó que la frecuencia mide la distribución horizontal regular de cada especie en la Tierra. Para calcular las frecuencias, el gráfico se divide en un número adecuado de subdivisiones de la parcelas iguales, donde se comprueba la presencia o ausencia de especies en cada subtrama. Asimismo, Melo y Vargas (2000) señalan que la abundancia se puede utilizar para determinar el número de parcelas en las que se encuentra una determinada especie en comparación con el número total de parcelas inventariadas. De manera similar, Mostacedo y Frederickse (2000) encontraron que la prevalencia absoluta es el número total de registros de una especie en cada unidad de muestreo, y la popularidad relativa es la

relación entre el número absoluto de registros de una especie y el número total de registros de todas las especies.

#### **2.1.2.4. Índice de valor de importancia (IVI)**

Según Mostacedo y Frederickse (2000), el IVI es un parámetro que mide el valor de las especies en base a tres parámetros: dominancia, densidad y ocurrencia. Calculado para cada especie a partir de la suma de la frecuencia relativa, la abundancia y la dominancia relativa.

#### **2.1.2.5. Homogeneidad**

Figuroa (2014), afirmó que la homogeneidad se refiere a la cuantificación de una comunidad donde una especie está representada por un número diferente de individuos en comparación con una comunidad hipotética, en la que todas las especies están representadas por igual. Cuanto más cerca esté el resultado de 1, más uniforme será el área de estudio. Según Mostacedo y Fredericksen (2000), un histograma de abundancia es una representación gráfica de la tasa de ocurrencia de una especie, representando la uniformidad del bosque.

#### **2.1.2.6. Cobertura**

Acosta et al. (2006), argumentaron que la importancia de una especie se puede caracterizar por el número y tamaño de los árboles, independientemente de si los árboles ocurren solos o en grupos (frecuencia). La abundancia y la dominancia son importantes porque la abundancia relativa tiene poco efecto cuando las especies están distribuidas uniformemente.

#### **2.1.3. Estructura vertical del bosque**

Según Finol (1971), el análisis de estructuras horizontales en los estudios fitosociológicos es insuficiente y se han incluido estudios de estructuras verticales para explicar la secuencia de pasos en el descubrimiento de especies. Este análisis proporciona una aproximación de las especies con mayor probabilidad de formar estructuras forestales dinámicas. Las copas de arbustos y árboles se pueden analizar en su conjunto, divididas en capas superior, media e inferior. Se utilizan dos parámetros: estatus social (PS) y regeneración natural (RN).

De manera similar, Ramos et al. (2017), encontraron que la estructura vertical de los bosques está determinada por la distribución de diferentes especies de árboles que forman ecosistemas y ocupan posiciones específicas en respuesta a factores microclimáticos,

gradientes ambientales o perturbaciones naturales o antropogénicas. Cada ecosistema tiene su propia estratificación y heterogeneidad espacial determinada por la estructura vertical y horizontal de los taxones que lo componen.

#### **2.1.3.1. Posición sociológica (PS)**

Hosokawa (1986), argumentó que esto refleja la distribución vertical de las especies. También indica que es un indicador que proporciona información sobre la composición de la flora en diferentes niveles tróficos y el papel que juegan las diferentes especies dentro de cada uno. Del mismo modo, Donoso et al. (2014) señalan que la posición sociológica se define por la altura que ocupa un árbol en relación con otros árboles del rodal. Esto puede conducir a árboles que normalmente ocupan una posición intermedia en un sector forestal, dominando otro sector forestal.

#### **2.1.3.2. Índice de espacio vital**

Arias (2005), sugirió que la relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del árbol ( $d$ ) se conoce como índice de bioespacio y describe con qué frecuencia el diámetro de la copa es mayor que el diámetro del árbol. Algunos autores, como Stampfer (1995), han utilizado este índice de árboles en crecimiento individual para obtener el número máximo de individuos que ocupan una hectárea. Otros valores relacionados con las dimensiones del dosel dependen del tamaño del árbol, la densidad del rodal y las prácticas de manejo, como la poda y el raleo.

#### **2.1.4. Estructura bidimensional del bosque**

Las estructuras bidimensionales son evaluadas por el Índice de Valor Forestal (FIV). En este caso, se consideran tres medidas. Estrato inferior y superior en el nivel vertical (elevación), tercer estrato en el nivel del estrato superior en el plano horizontal (cobertura) (Corella et al., 2001).

### **2.2. Estado del arte**

#### **2.2.1. Internacional**

Brenes et al. (2019) encontraron que los bosques costeros del Refugio Nacional de Vida Silvestre Ostional (RNVS), tienen una composición similar a los bosques secos, a pesar de estar en transición a bosque húmedo, lo que puede atribuirse a condiciones abióticas únicas y a la fragmentación del ecosistema de la especie.

Paredes et al. (2020) Estructura arbórea en los bosques secundarios de la bioestación Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador. En bosques heterogéneos propios de la transición andino-amazónica con baja riqueza de especies predomina la estructura vertical. Llegué a la conclusión de que fue un buen vuelo. Pisos o sub-techos intermedios, moderadamente densos, con predominio de las especies *Hyeronima oblonga* y *Piptocoma discolor*, más abundantes en la estructura.

Un estudio de Rivadeneira (2020), concluyó que los resultados calculados del índice de Shannon y del índice de Simpson fueron 2,573 y 0,910, respectivamente, lo que indica una alta diversidad. Los índices de Jaccard y Pielou muestran la heterogeneidad en la distribución de la densidad de especies en el área de estudio. El mayor número de muestras se encuentra en la clase de diámetro 1-9,9 cm, lo que indica la alta resistencia de la estructura forestal.

Solano (2020), concluyó que el crecimiento forestal continuo está relacionado con el área basal del bosque, la dominancia y regeneración, las especies de plantas diurnas y de sotobosque persistentes y la mortalidad de árboles de plantas diurnas.

### 2.2.2. Nacional

Medina (2017), en su estudio concluyó que los principales resultados mostraron una alta heterogeneidad forestal provocada por las siguientes especies: *Myrcia sp*, *Aniba sp*, *Brosimum lactesecens*, *Myroxylon balsamum*, *Acacia sp*; distribución de la estructura del bosque secundario de alta calidad dominada por *Zanthoxylum rhoifolium*, *Guatteria elata*, *Bixa orellana* y *Ficus insípida*.

Álvarez et al. (2021) concluyeron que las especies ecológicamente más importantes son *Tetragastris altissima*, *Iriartea deltoidea* y *Euterpe precatória*, que crecen rápidamente y son ubicuas en el Neotrópico. *Tachigali vasquezii* se encuentra sólo en los bosques de esta región. Estas especies utilizan las aberturas del dosel creadas por la tala para aumentar su número y dominio en el área. Los bosques, por otro lado, están dominados por *Ocotea bofo*, *Bertholletia excelsa* y *Eschweilera coriácea*, aunque son menos abundantes debido a los cambios en la composición de la flora después de la tala.

Gárate et al. (2021), concluyeron que el estrato leñoso está dominado por vegetación natural como *Vismia baccifera*, *Cinchona micrantha* y *Miconia poepigii*, así como las especies exóticas *Tachigali sp*. También existen especies de árboles de *M. poepigii* con un

diámetro a la altura del pecho superior a 20 cm y una altura de 18 m, que constituyen más del 80% del número total de especies de árboles naturales, mientras que entre el 30 y el 69% se encuentran en el bosque, con menos biomasa que los bosques vecinos de la misma edad. También concluyeron que los proyectos futuros deberían considerar estas especies nativas en la restauración ecológica de sitios dañados por las minas.

En Zuñe et al. (2021) registraron 263 individuos pertenecientes a 33 especies, 19 géneros y 17 familias. La superficie total del terreno fue de 11,73 m<sup>2</sup>/ha y la biomasa promedio fue de 152,61 t/ha. Los autores señalan que estas variables juegan un papel importante en la comprensión de la dinámica de los fragmentos.

### 2.2.3. Local

Díaz (2018) concluye que la estructura horizontal en PPM I, densidad, dominancia, IVI y cobertura fue mayor en *Parkia panurensis* ( $65 \pm 22,97$  individuos/ha,  $4,16 \pm 1,22$  m<sup>2</sup>/ha, 29,46% y 13,69%), fue más común *Casearia ulmifolia* (2,07%), mientras que la parcela fue más homogénea (grado de homogeneidad = -0,18), con aleatoriedad espacial. distribución (Morisita = 1,00); mientras que para PPM IV, densidad, dominancia, IVI y cobertura fueron mayores en *Senefeldera inclinata* ( $155,00 \pm 36,88$  individuos/ha,  $3,68 \pm 0,75$  m<sup>2</sup>/ha, 42,85% y 20,34% respectivamente), luego fue más común (2,17%), es menos homogéneo (grado de homogeneidad = -0,36) y con una distribución espacial regular o uniforme (Morisita = 0,996). En cuanto a la estructura vertical, PPM I presentó 88 individuos del estrato inferior (altura 22,9 m), entre los cuales hubo 101 individuos, siendo la especie con mayor estatus sociológico *Senefeldera inclinata* (10,02%) y *Miconia punctata* con mayor índice de EV (0,98); PPM IV registró 98 individuos en el estrato inferior (individuos del estrato superior (altura total > 26 m), siendo *Senefeldera inclinata* con el estatus sociológico más alto (31,90 %) e *Hirtella racemosa* con el índice de EV más alto (0,79). Por otro lado, la estructura bidimensional registró *Parkia panurensis* Benth 39,73 del IVI en PPM I y 68,28 % de *Senefeldera inclinata* en PPM IV. De igual forma, cada PPM tiene sus propias características estructurales a pesar de ser muy continuas.

Vela (2019) encontró que el BRUNAS estaba compuesto por *Senefeldera*, *Pourouma minor*, *Cedrelinga cateniformis*, *Otoba parvifolia*, *Hevea guianensis*, *Dacryodes nitens*, *Cecropia sciadophylla*, *Osteophloeum platyspermum*, *Schizocalyx peruvianus*, *Pseudolmedia laevis*, *Guatteria guentheri* y concluye que Tenían troncos deformes, copas bien

formados, sin bejucos y especies similares en el área de estudio de interés. Además, el BRUNAS es un bosque heterogéneo en transición de un bosque secundario a un bosque primario.

Gutiérrez et al. (2021) concluyen que debido a la presencia de fuentes de semillas y la capacidad regenerativa de las especies, la restauración del bosque zonal ocurre rápidamente y la sucesión secundaria comienza de inmediato.

### **2.3. Marco conceptual**

Área basal. - Se refiere a la sección transversal de árboles en una unidad forestal. Se mide a 1,30 m del suelo y se expresa en metros cuadrados por hectárea ( $m^2/ha$ ). Se utiliza comúnmente para determinar la densidad de árboles en los bosques (Ugalde, 1981).

Bosque secundario. - Se refiere a la vegetación leñosa que crece donde la vegetación original ha sido completamente destruida por actividades humanas, como la deforestación y la quema para la agricultura migratoria (Finegan y Sabogal, 1988).

Diámetro a la altura del pecho (DAP). - Es una medida de un árbol en un punto de referencia conocido, normalmente a 1,30 m del suelo (Ugalde, 1981).

Estructura bidimensional.- Se refiere a la ponderación del plano horizontal y vertical, que se calcula usando el índice de valor forestal con la adición del diámetro normal relativo (Corella et al., 2001)

Estructura horizontal. - Se refiere a la disposición espacial de los árboles. Esta disposición no es aleatoria sino que sigue un patrón complejo que la hace aparecer (Rollet, 1978).

Estructura vertical. -Está determinada por la distribución de las diferentes especies arbóreas que conforman el ecosistema y ocupan un lugar determinado en respuesta a factores microclimáticos, gradientes ambientales o perturbaciones naturales o antropogénicas (Remmert, 1991).

Índice de Valor de Importancia (IVI). -Es la determinación del peso ecológico de las especies en la estructura forestal (Lamprecht, 1990).

Índice de valor forestal (IVF).- Según la propuesta de Corella et al. (2001) es la suma del diámetro relativo, la altura relativa y la cobertura relativa.

Vegetación arbórea.- Se refiere a los árboles y arbustos de constitución leñosa mayores a tres metros de altura y mayores a 10 cm de DAP que forman parte del bosque que comparten, se incluyen lianas y bejucos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de campo de la investigación se realizó entre los días del 19 al 31 de julio del 2022 (el periodo fue de noviembre 2021 a abril 2022), en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria–Puerto Sungaro (CIPTALD), sobre un área de bosque secundario perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Se necesitan alrededor de 26 kilómetros desde el municipio de Tingo María hasta el municipio de Aucayacu para llegar al área de estudio.

##### 3.1.1. Ubicación geográfica y política

Geográficamente las unidades muestrales – UM, de la investigación tuvieron coordenadas UTM con el datum WGS 84 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Coordenadas UTM de las unidades muestrales de la investigación

N° Punto	Este	Norte
P1	385045	8991735
P2	385149	8991537
P3	384875	8991342
P4	384737	8991408
P5	384596	8991457

Políticamente se ubica en el departamento de Huánuco, distrito de Pueblo Nuevo de la provincia de Leoncio Prado.

##### 3.1.2. Zona de vida

Según Sgot (2014), la clasificación de zonas de vida, el área de Pueblo Nuevo es considerada bosque muy húmedo de premontano tropical (bmh-PT) con una elevación promedio de 640 m.

##### 3.1.3. Clima

CIPTALD tiene un clima tropical con temperaturas que oscilan entre los 20 y los 26 °C, temperaturas diurnas y nocturnas inferiores a los 20 °C, enero-marzo es mayoritariamente lluvioso, con una precipitación media anual de  $2\,658 \pm 0,2$  mm y una humedad relativa del 83,88 % (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2022).

#### 3.2. Material y métodos

### 3.2.1. Material y equipos

Para la evaluación en campo se requirió herramientas como: lima, machetes, tijera telescópica, tijera podadora de mano, entre otros, materiales como: formatos de campo para la toma de datos, bolsas plásticas, rafia, periódico, plumones, prensa botánica, cinta masking tape, regla, entre otros. Asimismo, equipos para la evaluación de todos los arbustos y árboles  $\geq 10$  cm de DAP, utilizándose cinta diamétrica, clinómetro, distanciómetro laser, brújula, GPS.

### 3.2.2. Metodología

Se basó en una investigación de observación científica, teóricamente sustentado en Díaz (2011), que se refiere a una técnica para observar atentamente un fenómeno, un caso o hecho, anotar la información y registrarla para su posterior análisis. En cuanto al tipo y nivel de investigación fue aplicada y descriptiva por que se analizó variables ecológicas, la silvicultura, el inventario de flora y vegetación, entre otras disciplinas para determinar parámetros ecológicos y dasométricos en Tulumayo, sustentado por (Supo, 2012). Asimismo, el enfoque del estudio fue el cuantitativo de acuerdo con lo descrito por Hernández et al. (2014). Finalmente se optó por el diseño no experimental en la presente investigación.

#### 3.2.2.1. Población y muestra

Estos fueron todos arbustos y árboles  $\geq 10$  cm DAP ubicados en aproximadamente 10,04 hectáreas del área de bosque secundario del CIPTALD. La muestra representa a la población y las 5 UM se determinaron utilizando la fórmula clásica para poblaciones infinitas con un 95% de confianza.

$$n = \frac{CV^2 * t^2}{E^2}$$

Dónde:

n = número de unidades de muestreo requeridas

CV = coeficiente de variación de la vegetación (28 %)

t = valor de la tabla t de Student. 1,64 = 2

E = error de muestreo deseado (25 %)

#### 3.2.2.2. Diseño de muestreo

Se utilizó un muestreo sistemático con un primer punto aleatorio, una tolerancia del error de muestreo de 25 % y un nivel de confianza de 95 % de probabilidad. Las UM se distribuyeron en una grilla de 141,42 x 141,42 m, calculada según la fórmula de Dauber (1995).

$$d = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{n}}$$

Donde:

d = distancia entre los puntos centrales (km)

A = superficie total del bosque a inventariar (km<sup>2</sup>)

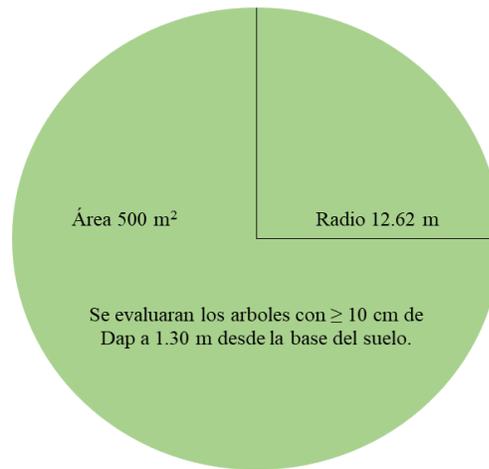
n = número de unidades de muestreo



**Figura 1.** Bosquejo de distribución de UM en bosque secundario

### 3.2.2.3. Forma de la unidad de muestreo

En esta investigación, para el muestreo de las variables se decidió por parcelas circulares de 0,05 hectáreas. Al respecto, Rivas y Durán (2008), indicaron que se prefiere la forma y tamaño de las parcelas dependiendo del propósito del muestreo, la composición y tamaño del sitio de estudio y los recursos disponibles. Por su parte recomienda el uso de la forma circular por ser más sencilla y debido a que se necesita el valor del radio para establecer los círculos. En un estudio de bosques secundarios, Galván (2022), encontró una alta correlación con Pearson R entre muestreo cuadrado y circular (0,984 y 0,923) por 100 m<sup>2</sup> y conteo, y concluyó que el muestreo es mejor para este tipo de bosque. 100 m<sup>2</sup>, y la elección de la forma dependerá de consideraciones prácticas.



**Figura 2.** La forma de la unidad de muestreo

#### **3.2.2.4. Tamaño de la muestra**

Según el muestreo estadístico utilizado, el tamaño de la muestra fue de 0,25 ha (5 UM x 0,05 ha).

#### **3.2.2.5. Tipo de muestreo**

Esta investigación considero el muestreo sistemático alineado por su practicidad en el desplazamiento y logística para las evaluaciones en campo, debido a que cada punto de muestreo se encontró a una misma distancia uno de otro. Sin embargo, se tomó como referencia las publicaciones para la realización de inventarios forestales, sobre todo en los aspectos para la evaluación de las variables de la investigación del manual básico para la planificación y realización de inventarios forestales de bosques de producción permanente (BPP) utilizado por SERFOR (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2012) y la Guía de Inventario de Flora y Vegetación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015).

### **3.2.3. Investigación y desarrollo**

#### **3.2.3.1. Etapa de planificación**

Se recolectó información cartográfica del CITALD Tulumayo y se elaboró un mapa base además de insertar toda la información del área con el objetivo de acceder y recolectar rápidamente la información de campo. La recopilación de información bibliográfica sobre el campo se llevó a cabo mediante la recuperación de información sobre campos de investigación, disertaciones, artículos académicos e investigaciones en curso, que luego se sistematizaron para el informe final de la investigación. El área de estudio, donde se

ubicaron el primer punto y la primera UM, se midió para confirmar el acceso a la UM antes de la evaluación de campo. Esta información fue importante con respecto a la logística para la evaluación de campo. Asimismo, se elaboraron formatos de recolección de información adaptada al protocolo de recolección de datos de campo utilizado por SERFOR. En la parte documental del trabajo también se utilizaron:

**a) *Técnicas bibliográficas.***

*Análisis documental.* Esto me permitió analizar el contenido de las referencias que leía sobre mi tema de estudio.

**b) *Técnicas de campo.***

*En campo se utilizó* la observación y equipos como binoculares, inclinómetros, GPS, cámaras digitales, y otros.

Las medidas de investigación fueron las siguientes.

**a) *Medios bibliográficos.***

*Documentos y hojas de estudio.* Las citas textuales, los resúmenes y los comentarios se editaron de acuerdo con el modelo APA para desarrollar una base teórica para el informe de tesis.

*Hoja de inscripción o lugar.* Se elaboró un bibliográfico y hemerograma considerando autor, año, título, subtítulo, edición, lugar de publicación, edición y paginación.

**b) *Fichas de contenido o de investigación.***

*Notas de campo.* Esto se logró adaptando el protocolo de recolección de datos de campo utilizado por INFFS y SERFOR.

**c) *Herramienta de estadísticas.***

Los datos fueron procesados con software libre y presentados en tablas y figuras utilizando los programas Infostat y Excel.

### **3.2.3.2. Etapa de evaluación en campo**

Durante el trabajo de campo y de acuerdo con la propuesta del proyecto de investigación, se consideró un método de evaluación indirecta mediante un inclinómetro para la altura total y el DAP se registró utilizando una cinta métrica a 1,30 m sobre el suelo, junto a otras variables e indicadores, como malformaciones y/o daños en el tallo. La identificación de las especies arbustivas y arbóreas, se realizaron a través de colectas botánicas, que luego se enviaron para ser identificadas por un especialista botánico Ing. Yahn Carlos Soto Shareva, quien también es egresado de la EPIRNR. Finalmente, las variables evaluadas fueron de acuerdo con los objetivos planteados en la presente investigación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Variables e indicadores

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
Estructura horizontal	Densidad, dominancia, frecuencia, homogeneidad, índice de valor importancia ecológica, estructura y cobertura.
Estructura vertical	Posición sociológica e IEV
Estructura bidimensional	Índice de valor forestal

#### **a) Altura total de los árboles**

Una vez que se establecieron las parcelas de muestra, se realizaron estudios forestales y se midió cada árbol desde el suelo hasta el ápice, utilizando un inclinómetro siendo la unidad de medida el metro. Con las lecturas obtenidas, se estimó los valores mediante la fórmula descrita en Prodan (1997):

$$H = \frac{D(L_1 \pm L_2)}{100}$$

Dónde:

H = altura total.

D = distancia horizontal del observador al árbol.

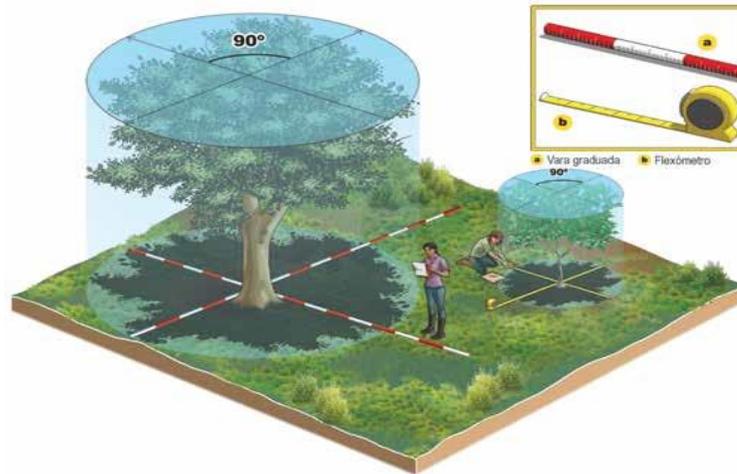
L1 y L2 = valores leídos por el dispositivo (inclinómetro).

#### **b) Medidas del diámetro de los árboles**

Las mediciones de diámetro se realizaron de acuerdo con el protocolo establecido por el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre ([OSINFOR], 2017). Las medidas se tomaron a 1,30 m sobre el suelo utilizando una cinta diamétrica, medidas en centímetros.

### c) Diámetro de copa

Las mediciones del diámetro de copa se hicieron tomando en cuenta dos direcciones, la del Norte-Sur y Este-Oeste. Y los cálculos con las fórmulas propuestas por (Andrade y Cerda, 2022) (Figura 3):



**Figura 3.** Medición del diámetro de copa (Tomado de González, Avella y Díaz, 2015)

$$Dc = \frac{\sum_{i=1}^n Dci}{n}$$

$$Ac = \frac{\pi}{4} Dc^2$$

Dónde:

Dci = diámetro en los cuatro puntos cardinales, N-S y E-O

n = número de mediciones del diámetro

Dc = suma de diámetros dividida por el número de mediciones

Ac = área de la copa

### d) Identificación de especies

La identificación se realizó con la ayuda de un especialista botánico considerando familia, género y especie. Recolectamos individuos no identificados en el campo y confirmamos consistentemente que cada herbario contenía hojas, flores y frutos. Ya se han dado detalles en el punto 3.2.3.2.

#### 3.2.3.3. Etapa de gabinete

##### a) Estructura horizontal

Con los datos organizados en una base de datos, se comenzó a describir la estructura horizontal del bosque secundario de Tulumayo, para ello primeramente se determinó los siguientes indicadores:

- **Abundancia o densidad de vegetación arbórea**

Se determinó aplicando la propuesta de Acosta et al. (2006)

$$Aa = ni/ha$$

Dónde, el número de individuos (ni) se divide entre el área (ha) de la población, para calcular la densidad de la vegetación secundaria.

Para determinar la densidad relativa, Acosta et al. (2006):

$$Ar = ni/(N/ha)$$

Dónde, el número de individuos (ni) se divide entre el número total de árboles por ha (N/ha).

- **Dominancia de la vegetación arbórea**

El cálculo fue con la propuesta de Acosta et al. (2006):

$$Dai = gi/ha$$

Dónde, la dominancia absoluta es la división del área basal de cada individuo (gi) entre el área de la población (ha).

Para la dominancia relativa se utilizó la propuesta de Acosta et al., (2006).

$$Dr = (gi/G) * 100$$

Dónde, la dominancia relativa es la división del área basal de cada individuo (gi) entre el área total por hectárea, multiplicado por 100 %.

- **Frecuencia de vegetación arbórea**

Las frecuencias absolutas se analizaron mediante la fórmula descrita por Alvis (2009).

$$Fa = Pi/Pt$$

Dónde:

Fa = frecuencia absoluta.

Pi = número de parcelas en las que está presente la especie i.

Pt = número total de parcelas.

Para frecuencias relativas, Acosta et al. (2006):

$$Fr = \frac{F_{ai}}{\sum_{i=1}^n F_a}$$

Dónde:

Fr = frecuencia relativa (%).

Fa = frecuencia absoluta.

#### - **Homogeneidad de la vegetación arbórea**

Para determinar la homogeneidad, Acosta et al. (2006):

$$H = \frac{\Sigma X - \Sigma Y}{\Sigma N}$$

Dónde:

H = grado de homogeneidad.

$\Sigma X$  = número de especies con frecuencias absolutas entre 80 y 100.

$\Sigma Y$  = número de especies con abundancia absoluta entre 0 y 20.

$\Sigma N$  = número total de especies.

La interpretación tuvo en cuenta que cuanto más cercano a 1 es el resultado obtenido, más homogéneo es el bosque secundario.

#### - **Índice de valor de importancia - IVI**

Para calcular el IVI se utilizaron el método propuesto por Curtis y McIntosh (1951) y Pool et al. (1977), Cox (1981), Cintron y Schaeffer (1983) y Corella et al. (2001) utilizando la siguiente fórmula:

$$IVI = Dominancia\ relativa + Densidad\ relativa + Frecuencia\ relativa$$

Dónde:

IVI = índice de valor de importancia (%).

- **Índice de distribución espacial (estructura horizontal)**

Se determinó aplicando el índice de Morisita (1959) correspondiente a la siguiente ecuación:

$$I_{\delta} = q \sum_{i=1}^q n_i \frac{(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

$I_{\delta}$  = índice de distribución espacial.

q = número de transectos.

$n_i$  = número de individuos en el i-ésimo transecto.

N = número total de individuos en todos los q transectos.

En función de los valores obtenidos, la ME se clasifica utilizando los enunciados de Morisita (1959). Un valor inferior a 1 indica una distribución regular o uniforme, una distribución aleatoria o una distribución agregada.

- **Cobertura de la vegetación arbórea**

Se calculó con la fórmula propuesta por Acosta et al. (2006):

$$VC = (Ar + Dor)/2$$

Dónde:

VC = valor de la cobertura.

Ar = frecuencia relativa.

Dor = dominancia relativa.

**b) Estructura vertical**

Se determinaron las siguientes cifras clave para describir la estructura vertical:

### - Posición sociológica

Primero, utilizando los datos obtenidos de las alturas totales de los árboles, dividimos la altura total de cada UM en tres capas distribuidas uniformemente y definimos clases de altura de acuerdo con las categorías propuestas por Lamprecht (1990). Aquí están los valores que obtuve:

Planta superior (altura > 2/3 de la altura total) = 14,6 m o más.

Planta media (2/3 y 1/3 de la altura total) = entre 7,3 m y 14,6 m.

Primera planta (altura < 1/3 de la altura total) = menos de 7,3 m.

Seguidamente se determinó el valor fitosociológico por estrato, para ello se aplicó la fórmula utilizada por Finol (1971).

$$VF = n/N$$

Donde:

VF = Valor fitosociológico del sub-estrato.

n = Número de individuos del sub-estrato.

N = Número total de individuos de todas las especies.

Para calcular el valor absoluto del estatus sociológico de una especie, Acosta et al. (2006) de la siguiente manera:

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

Dónde:

PSa = posición sociológica absoluta.

VF = valor sociológico vegetal del portainjertos.

n = número de individuos de cada especie.

i = bajo

m = medio

s = superior

Asimismo, para calcular la posición sociológica relativa (PSr) por especie, Acosta et al. (2006):

$$PSr = \frac{PSa}{\sum PSa}$$

Dónde:

PSr = estatus social relativo.

PSa = posición sociológica absoluta.

- **Índice de espacio vital**

Fue con la fórmula utilizada por Burger (1939) y Serrada (2008):

$$IEV = DC/d$$

Dónde:

IEV = Índice de Espacio Significativo.

DC = diámetro de copa (m).

d = diámetro a 1,30 m sobre el suelo.

**c) Estructura bidimensional**

Se calculó utilizando lo desarrollado por Corella et al. (2001) quien propuso el Índice de Valor Forestal (IVF):

$$IVF = \text{Diámetro relativo} + \text{Altura relativa} + \text{Cobertura relativa}$$

Dónde:

$$\text{Diámetro relativo} = \frac{\text{Diámetro absoluto por especie}}{\text{Diámetro absoluto de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Diámetro absoluto} = \frac{\text{Diámetro de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Altura relativa} = \frac{\text{Altura absoluta por especie}}{\text{Altura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Altura absoluta} = \frac{\text{Altura de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura absoluta por especie}}{\text{Cobertura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Cobertura absoluta} = \frac{\text{Cobertura de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

#### d) Estadística

Después de completar el procesamiento de datos, se utilizaron la media descriptiva, el error estándar (S.E.) y el coeficiente de variación (CV) en el análisis estadístico. Si se considera la media muestral además de los valores utilizados para calcular los límites superior e inferior de confianza del 95 %, el error estándar (SE) es igual al error estándar de la media muestral y 1,96 es igual a la media del cuantil, una muestra de 0.975 de una distribución normal. De igual forma, se utilizaron las escalas de Calzada (1970) para definir la variabilidad de variables entre individuos con los siguientes criterios:

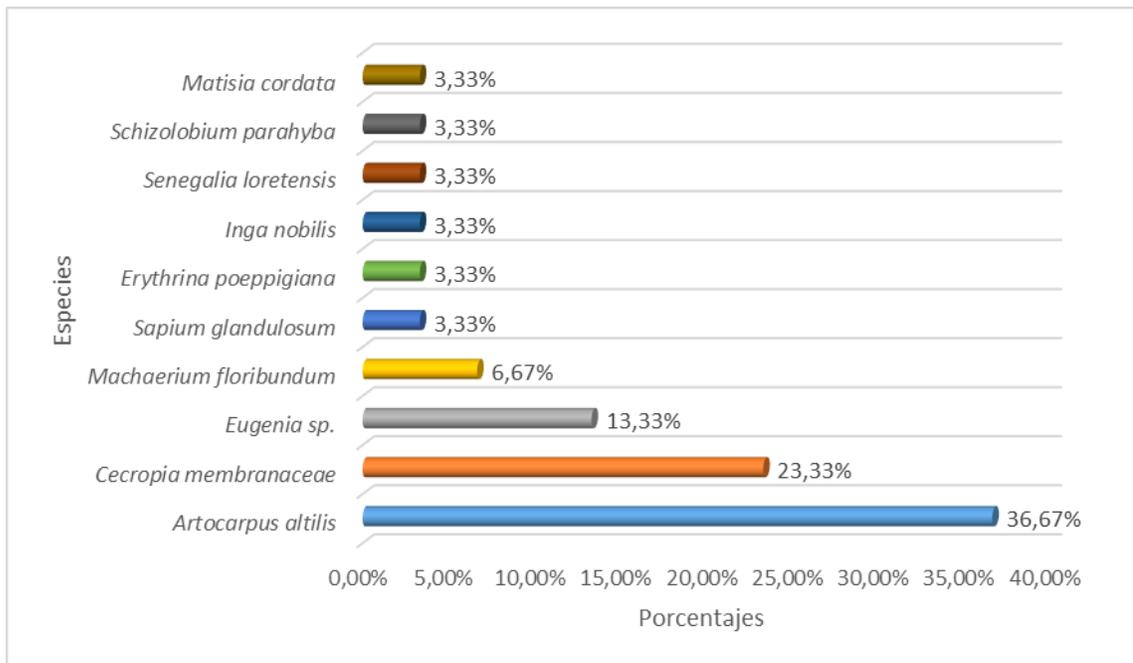
- 5-10%: Excelente dispersión de datos.
- 11-15%: Muy buena dispersión de datos.
- 16-20%: buena dispersión de datos.
- 21-25%: dispersión regular de datos.
- 26-31%: mala dispersión de datos.
- Más del 31%: Muy mala dispersión de datos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Estimación de la estructura horizontal de la vegetación arbórea del bosque secundario en Tulumayo

#### 4.1.1. Abundancia

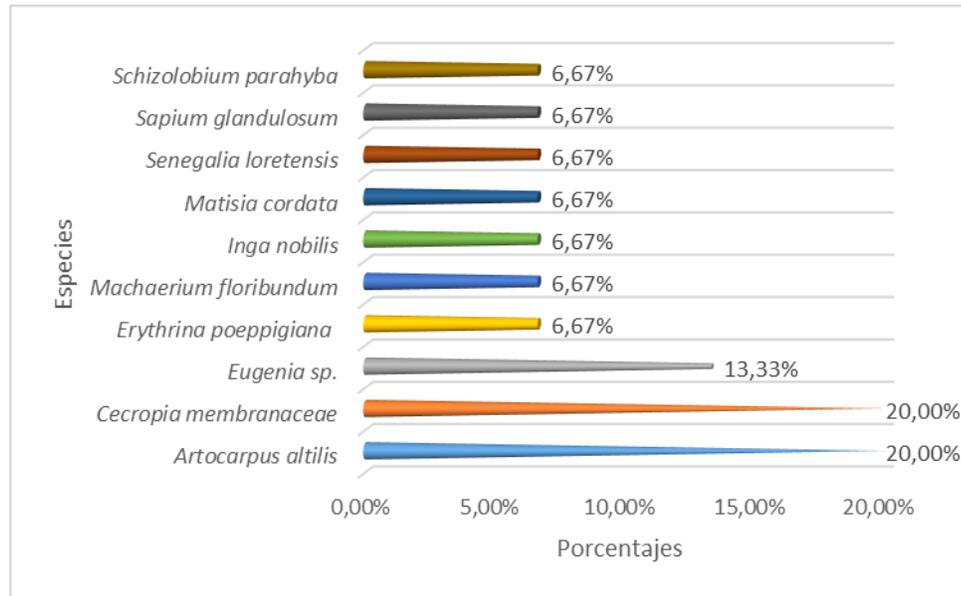
En los bosques secundarios de Tulumayo, se encontraron 30 individuos contenidos en siete familias, distribuidos en 10 especies botánicas (tabla 8 del anexo A). La abundancia relativa muestra a la especie *Artocarpus altilis* con la mayor abundancia relativa y seis de estas muestran los más bajos porcentajes. Estimar la abundancia relativa por especie ayuda a comprender el porqué de las perturbaciones ambientales, como lo refiere Moreno (2001), especies con baja abundancia relativa son susceptibles a los efectos del cambio climático (perturbaciones ambientales). En cambio, Paredes et al. (2020) informaron que el bosque secundario es heterogéneo, típico del período de transición andino-amazónico, con baja diversidad de especies y una capa media o sotobosque moderadamente denso con una estructura vertical de dosel dominante. Lo indicado se corrobora con nuestros resultados en el sentido en que se encontró una baja riqueza de especies y con especies que con excepción de una, no superaban los 20 m de altura total. De manera similar, utilizando el índice de Jaccard y Pielou, Rivadeneira (2020) informó que el área de bosque secundario estudiada mostró una distribución heterogénea de densidad de especies. Lo cual es contradictorio con nuestros resultados que se muestran en la figura 3, donde solo dos especies tienen los mayores porcentajes que superan el 50 % de todas las especies encontradas. Medina (2017) para la zona de Kimbiri en el Cusco encontró una alta heterogeneidad del bosque secundario. Álvarez et al. (2021) encontraron que el bosque está dominado por *Ocotea bofo*, *Bertholletia excelsa* y *Eschweilera coriácea*, pero son pocas porque la composición floral ha cambiado después de la tala. Todos estos resultados encontrados por otros investigadores son diferentes a nuestros resultados, debido a que es sabido que la composición florística y la abundancia de especies cambia con la altitud, el tipo de suelo, clima, la calidad de sitio, la latitud, entre otros factores, por lo que no podemos hacer comparaciones de esta naturaleza. Nuestra confianza se ve reforzada por Garate et al. (2021) donde encontraron estrato de árboles cubiertos de plantas espontáneas como *Vismia baccifera*, *Cinchona micrantha*, *Miconia poepigii* y la especie exótica *Tachigali sp.* completamente diferente de la composición de la flora encontrada en nuestro estudio (Figura 4).



**Figura 4.** Abundancia relativa de las especies arbóreas del bosque secundario

#### 4.1.2. Frecuencia

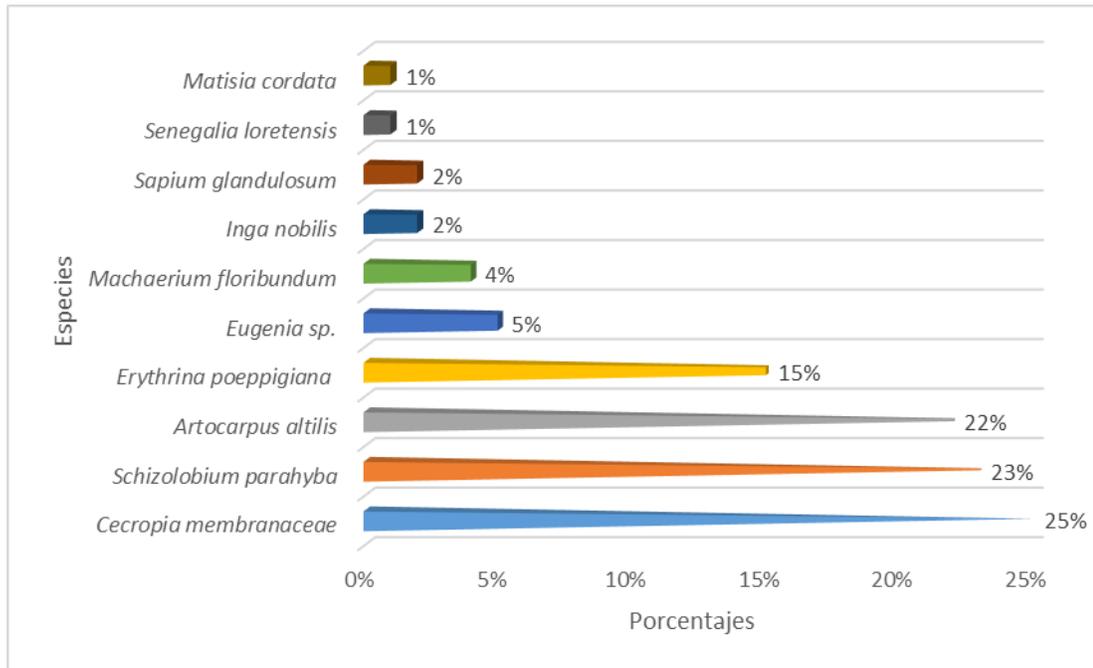
Las dos especies más frecuentes en el bosque secundario de Tulumayo fueron *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranacea*. Con el 20 % cada una, luego las demás especies estuvieron presentes solo en una UM. Medina (2017) encontró especies como *Myrcia sp*, *Aniba sp*, *Brosimum lactescens*, *Myroxylon balsamum* y *Acacia sp*. Las especies *Zanthoxylum rhoifolium*, *Guatteria elata*, *Bixa Orellana* y *Ficus insipida* determinan la distribución estructural de los bosques secundarios avanzados. Contrariamente a nuestros resultados encontrados, Díaz (2018) encontró más especies en el bosque protegido del BRUNAS que las que no encontradas en nuestro estudio. Del mismo modo Vela (2019), también en el BRUNAS, encontró a otras especies diferentes a nuestro estudio. Al respecto, Alanís (2006) argumentó que la riqueza familiar y de especies puede verse afectada en áreas donde la vegetación secundaria es relativamente nueva por una variedad de factores, incluyendo la pobre disponibilidad de nutrientes del suelo, no tolerancia a la sombra y mecanismos reproductivos (Figura 5).



**Figura 5.** Frecuencia relativa de las especies arbóreas del bosque secundario

#### 4.1.3. Dominancia

En esta investigación encontró que cuatro de las especies arbóreas del bosque secundario son las más dominantes y son: *Cecropia membranaceae*, *Schizolobium parahyba*, *Artocarpus altilis* y *Erythrina poeppigiana*. Al respecto Lamprecht (1990) refiere que este parámetro se relaciona con el grado de cobertura de las especies, es decir la proporción del terreno o área basal ocupada por el fuste de un árbol de una especie en relación con el área total y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Paredes et al. (2020) encontraron que los bosques secundarios en su área de estudio estaban dominados por especies de *Hyeronima oblonga* y *Piptocoma discolor*, las especies más abundantes en la estructura. De igual forma, Solano (2020) señala que los bosques siguen creciendo. Esto se debe al aumento del área basal, la dominancia y el reclutamiento de plantas heliófitas durables y especies esciófitas, y la muerte de especies heliófitas. Y Rodríguez (2000) encontró que en el bosque secundario del BRUNAS la especie dominante fue *Inga alba*. Como ya se indicó, tanto la abundancia, frecuencia y dominancia de una especie o en nuestro caso del bosque secundario, tiende a variar debido a factores, como gradiente altitudinal, tipo de suelo, precipitación, etc. (Figura 6).



**Figura 6.** Dominancia relativa de las especies arbóreas del bosque secundario

#### 4.1.4. Homogeneidad

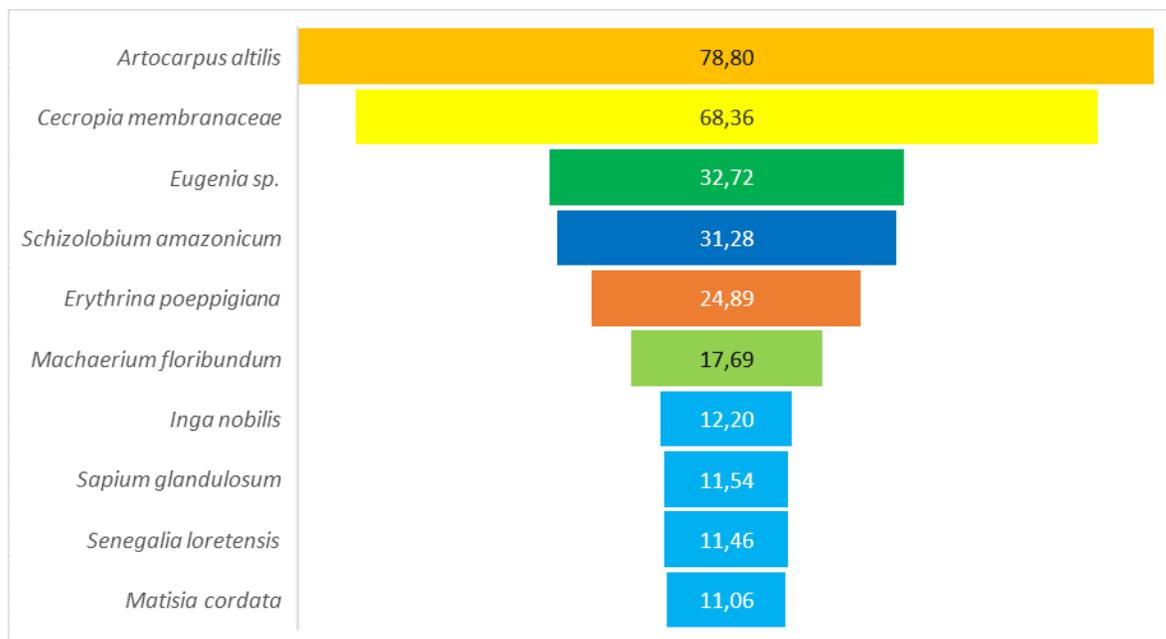
Se encontraron frecuencias absolutas de la vegetación arbórea del bosque secundario en Tulumayo que superen el 80 % de su frecuencia absoluta, por lo que la homogeneidad muestra un -0,33 que puede considerarse baja debido a que el dato se aleja del 0. Al respecto Paredes et al. (2020) que el bosque secundario estudiado, es un bosque heterogéneo, resultados totalmente diferentes a los encontrados en nuestra investigación. Para los bosques primarios del BRUNAS Díaz (2018) encontró entre -0,18 y -0,36. Diferentes a nuestros resultados, con los cuales no es posible hacer comparaciones (Tabla 3).

**Tabla 3.** Grado de homogeneidad de las especies arbóreas del bosque secundario

Variables	Bosque Secundario
80 a 100 % de frecuencia absoluta de las especies	0
0 – 20 % de frecuencia absoluta de las especies	10
Total	10
<b>Uniformidad (H)</b>	<b>-0,33</b>

#### 4.1.5. Índice de valor de importancia

En este estudio tres especies del bosque secundario en Tulumayo suman 179,9 %, deduciéndose que existe una alta probabilidad de encontrar siempre a estas especies en un mayor porcentaje, durante evaluaciones forestales, y que es además con las que se debe optar un manejo sostenible de este bosque secundario. Medina (2017) encontró alta heterogeneidad en especies como *Myrcia sp*, *Aniba sp*, *Brosimum lactescens*, *Myroxylon balsamum* y *Acacia sp* en el bosque secundario estudiado. *Zanthoxylum rhoifolium*, *Guatteria elata*, *Bixa Orellana* y *Ficus insipida* determinan en gran medida la distribución estructural. Por otro lado, Álvarez *et al.* (2021) encontraron que las especies de mayor importancia ecológica son *Tetragastris altissima*, *Iriartea deltoidea* y *Euterpe precatoria*. Estos son *Tachigali Vasquezii*, una especie de rápido crecimiento, que se encuentra en el Neotrópico y abundante solo en los bosques de esta región. Estas especies aprovecharon las aperturas del dosel creadas por la deforestación para aumentar su abundancia y dominio en la región. Estas investigaciones muestran resultados diferentes a la nuestra debido a las condiciones y factores anteriormente indicados (Figura 7).



**Figura 7.** Índice de valor de importancia de las especies de árboles en los bosques secundarios

#### 4.1.6. Índice de distribución espacial (estructura horizontal)

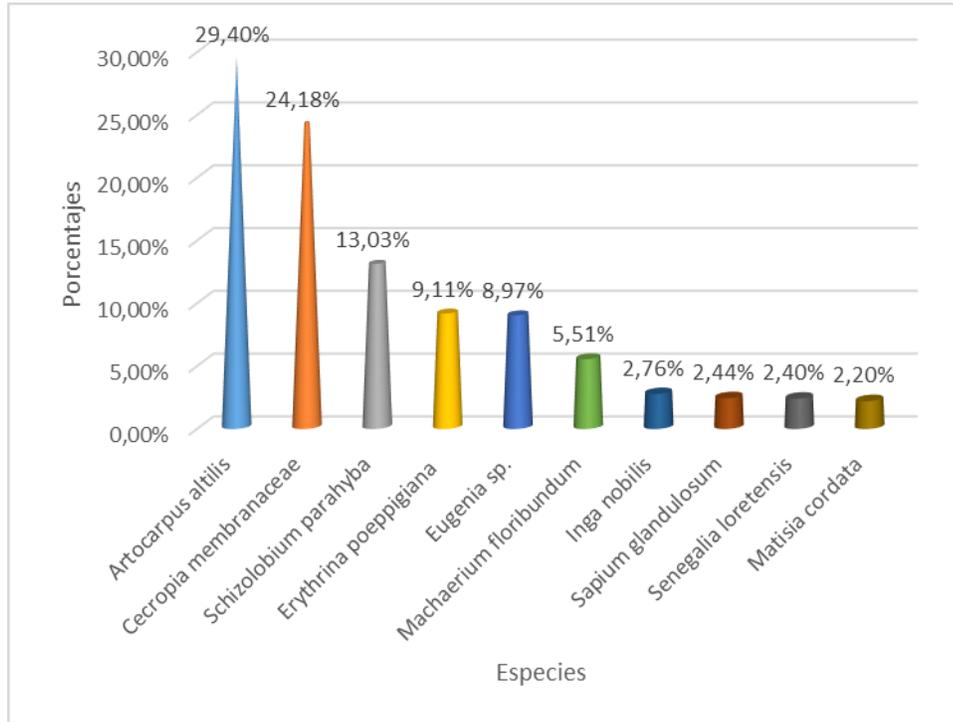
El bosque secundario de Tulumayo tiene una distribución espacial que se ajusta a una clasificación aleatoria con un valor de índice de 1. Díaz (2018) para el BRUNAS, encontró también una distribución espacial aleatoria. Lo que indica las condiciones del lugar están determinando esas condiciones y entre otros factores que deben estudiarse para conocer con mayores indicadores la dinámica del bosque secundario (Tabla 4).

**Tabla 4.** Índice de Morisita de las especies arbóreas del bosque secundario

UM	UM (individuos)						Índice de Morisita ( $I\delta$ )
	1	2	3	4	5	Total	
Nº. Individuos	4	6	3	8	9	30	1,0114

#### 4.1.7. Cobertura de la vegetación arbórea

Se encontró que la vegetación arbórea en los bosques secundarios de Tulumayo contiene las dos especies con mayor cobertura. Al respecto, Acosta et al. (2006) argumentaron que la importancia de una especie puede caracterizarse por el número y tamaño de los árboles, que se expresan en abundancia y dominancia, parámetros que determinan su estatus en el ecosistema forestal, independientemente de que los árboles se presenten individualmente o en grupos (frecuencia). Para el BRUNAS Díaz (2018) encontró a las especies *Parkia panurensis* y *Senefeldera inclinata* con los mayores valores de cobertura. En nuestra investigación se encontraron a las especies *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranaceae Trécul.* como las especies de mayor cobertura de la vegetación arbórea especies que también son abundantes y dominantes. La razón que solo sean estas dos especies puede deberse a que hace unos 20 años a más, fue área fuertemente perturbada por la ganadería (Figura 8).

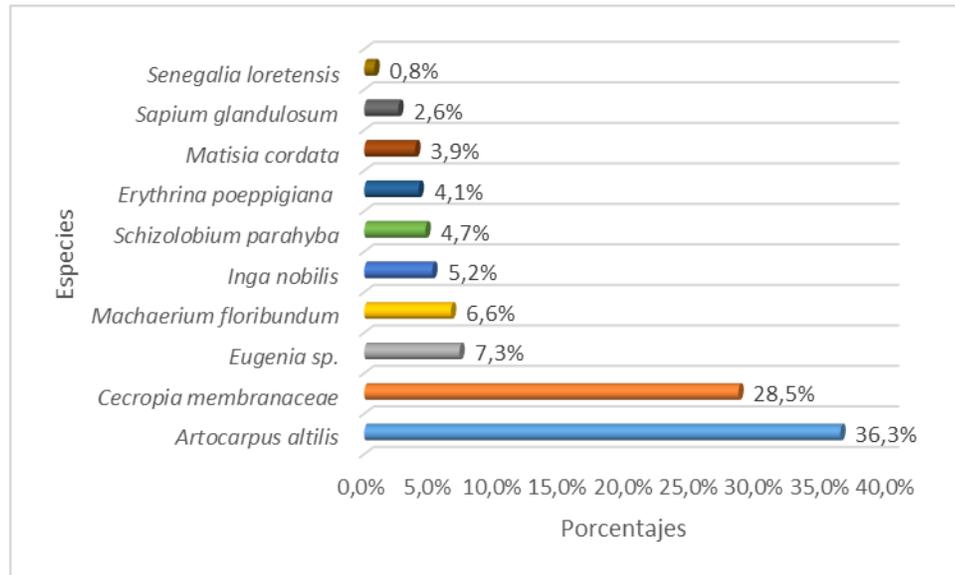


**Figura 8.** Valor de cobertura para especies arbóreas en bosques secundarios

## 4.2. Estimación de la estructura vertical de la vegetación arbórea del bosque secundario en Tulumayo

### 4.2.1. Posición sociológica

De un total de 600 árb./ha se encontró de *Artocarpus alttilis* y *Cecropia membranaceae* presentan un alto porcentaje de su posición sociológica en el bosque secundario de Tulumayo. Asimismo, en el estrato inferior se encontraron que 80 árb./ha presentan alturas menores a 7 m, 220 árb./ha se encuentran entre 7 y 15 m de altura, finalmente 300 árb./ha con alturas mayores a 15 m (Ver tabla 12 del anexo A). Paredes et al. (2020) encontraron que la estructura vertical de vuelo predominante es el nivel medio o subdosel, moderadamente denso y dominado por especies de *Hyeronima oblonga* y *Piptocoma discolor*, siendo las especies más abundantes en dichas estructuras. Asimismo, Hosokawa (1986) sugirió que el estatus sociológico es un indicador que proporciona información sobre la composición de la vegetación de diferentes substratos de vegetación y el papel de las diferentes especies en cada substrato. Mientras que Donoso et al. (2014) señalan que la posición sociológica se define por la altura que ocupa un árbol con relación a los demás árboles del rodal (Figura 9).



**Figura 9.** Posición sociológica de las especies arbóreas del bosque secundario

#### 4.2.2. Índice de espacio vital

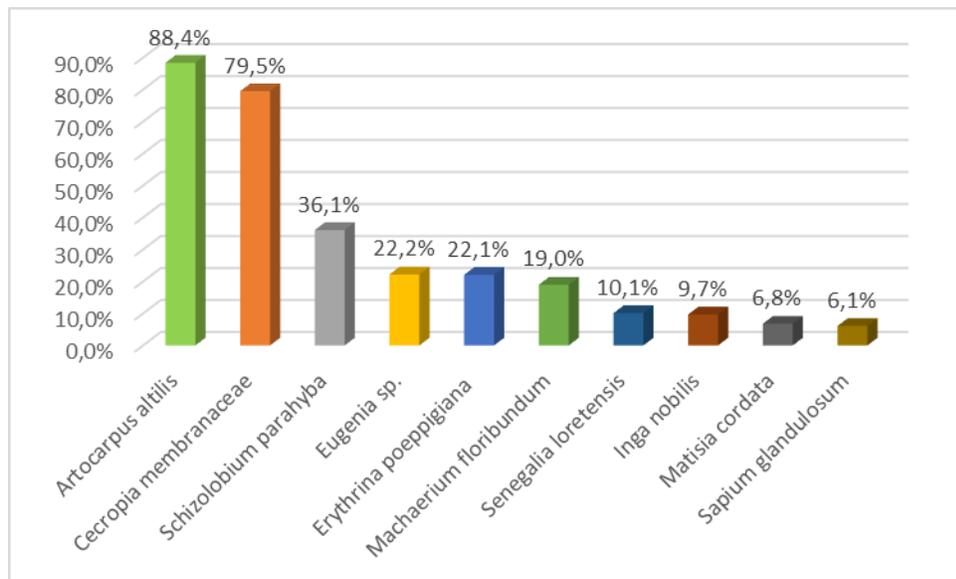
El bosque secundario de Tulumayo presenta un índice espacial significativo de 0,53 para *Senegalia lorentensis*, que muestra una relación máxima entre el diámetro de la copa y el DAP. Arias (2005), mencionó que la relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del árbol (d), que describe con frecuencia que el diámetro de la copa es mayor que el diámetro del árbol. Stampfer (1995) utilizó este índice para obtener el número máximo de individuos que ocupan una hectárea. Lo que en la práctica significa que podríamos utilizar mayores cantidades de las especies que tienen un solo individuo en la tabla 6, para proyectos de reforestación o restauración por que cuentan con un bajo índice de espacio vital y no son abundantes en este bosque secundario. Con excepción de *Senegalia lorentensis*. que con un solo individuo mostro un alto índice, es decir tiene una copa muy amplia (Tabla 5).

**Tabla 5.** Índice del espacio vital de especies arbóreas en bosques secundarios

<b>Especies</b>	<b>Media</b>	<b>E.E.</b>	<b>CV %</b>
<i>Cecropia membranaceae</i>	0,25	0,05	49,53
<i>Artocarpus altilis</i>	0,41	0,05	37,53
<i>Eugenia sp.</i>	0,42	0,03	16,75
<i>Machaerium floribundum</i>	0,39	0,03	10,88
<i>Erythrina poeppigiana</i>	0,28	0	0
<i>Inga nobilis</i>	0,38	0	0
<i>Matisia cordata</i>	0,48	0	0
<i>Senegalia loretensis</i>	0,53	0	0
<i>Sapium glandulosum</i>	0,46	0	0
<i>Schizolobium parahyba</i>	0,33	0	0

#### 4.3. Estimación de la estructura bidimensional

La estructura bidimensional, calculada a través del IVF, muestra a la especie *Artocarpus altilis* con un 88,4 % de este índice, seguido por *Cecropia membranacea* y que en conjunto suman el 167,9 % de todas las especies del bosque secundario de Tulumayo. Del Río et al. (2003), informaron que esta estructura es un buen indicador de la biodiversidad de un sistema y puede modificarse fácilmente mediante la silvicultura, por lo que un conocimiento adecuado de la misma es esencial para una gestión sostenible. (Figura 10).

**Figura 10.** Índice de valor forestal de las especies arbóreas del bosque secundario

## V. CONCLUSIONES

1. En la estructura horizontal del bosque secundario de Tulumayo, se encontró que la especie *Artocarpus altilis* tiene una abundancia de 36,67 % siendo superior con respecto a las demás especies encontradas, las frecuentes fueron *Cecropia membranaceae* y *Artocarpus altilis* con el 20 % cada uno y las dominantes fueron *Cecropia membranaceae* (25 %), *Schizolobium parahyba* (23 %) y *Artocarpus altilis* (22 %). Se encontró también que el grado de homogeneidad tiene un -0,33 que se considera no homogéneo. Asimismo, el IVI se encontró representado por *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranaceae* con porcentajes bastante alto con respecto a las demás especies encontradas. La distribución espacial fue aleatoria según Morisita con un 1,011. Finalmente la cobertura fue mayor en *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranaceae*.
2. La posición sociológica como estructura vertical fue bastante mayor en las especies *Artocarpus altilis* y *Cecropia membranacea*, mostrando además a la especie *Senegalia lorentensis* con un índice de espacio vital de 0,53.
3. La estructura bidimensional medida a través del índice de valor forestal fue de 94,97 % en *Artocarpus altilis* y 79,29 % en *Cecropia membranaceae*.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Con base a la investigación realizada, se recomienda realizar otras investigaciones, como rasgos funcionales de estas especies encontradas, patrones de distribución espacial en varios estratos de bosque secundarios en el ámbito del distrito de Pueblo Nuevo.
2. También con base en la investigación y el trabajo de campo realizado, se recomienda el uso de drones en la medición de las alturas de los árboles, así como el diámetro de copa, lo cual agilizaría los procesos de evaluación en campo y ayudaría en la calidad de los datos para el análisis de los parámetros estadísticos.
3. Para las evaluaciones en campo, se recomienda personal con alto grado de adiestramiento con el propósito de reducir los errores durante la colecta de información.

## VII. REFERENCIAS

- Acosta, V. H., Araujo, P. A., y Iturre, M. C. (2006). *Caracteres estructurales de las masas*. Serie didáctica Núm. 22. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Alanís, E. (2006). *Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco*. (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Álvarez, C. E., Manrique, S., Fonseca, M. V.-D., Cardozo, J., Callo, J., Bravo, P., Castañeda, I., y Álvarez, J. (2021). *Composición florística, estructura y diversidad arbórea de un bosque amazónico en Perú*. *Scientia Agropecuaria*, 10.
- Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. 7(1), 8.
- Andrade, H., & Cerda, R. (2022, Febrero). *Dasometría y medición de sombra*. CATIE. <https://www.slideserve.com/elisa/dasometr-a-y-medici-n-de-sombra>
- Arias, D. (2005). Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. Kurú: *Revista Forestal* (Costa Rica), 2(5), 1-13.
- Burger, H. (1939). Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchenwesen*, 21:147-176.
- Calzada, J. (1970). *Métodos estadísticos para la investigación*. (3<sup>ra</sup> Ed.). Jurídica.
- CATIE; CIFOR; EMBRAPA-CPATU; UNALM; UCA. (1998). *Protocolo de levantamiento de vegetación en bosques secundarios*. (Informe). Proyecto Manejo de Bosques Secundarios en América Tropical.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2016). *Definición de Bosques Secundarios y Degradados en Centroamérica*.
- Cintrón, G., & Schaeffer-Novelli, Y. (1983). *Introducción a la ecología del manglar UNESCO*.
- Corella, J. F., Valdez, H. J. I., Cetina, A. V. M., González, C. F. V., Trinidad, S. A., & Aguirre, R. J. R. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia forestal en México*, 26(90), 73-102.

- Cox, WG. (1981). *Laboratory manual of general ecology*. William C. Brown Co. Publishers.
- Curtis, JT., & McIntosh, RP. (1951). An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32:476-496.
- Dauber, E. (1995). *Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 12(1), 159-176.
- Díaz, E. (2018). Análisis estructural del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva mediante parcelas permanentes de medición. (Tesis de maestría)
- Díaz, L. (2011). La observación. *Ciudad de México: Facultad de Psicología (Textos de apoyo didáctico) UNAM*.
- Donoso, C., González, M., & Lara, A. (2014). *Ecología forestal: Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile*. Valdivia, Chile. Ediciones Universidad Austral de Chile.
- Figueroa, S. (2014). *Evaluación de estructura horizontal y la diversidad florística en un bosque lluvioso del medio magdalena, hacienda San Juan del Carare, Cimitarra-Santander*. 108.
- Finegan, B. y Sabogal, C. (1988). *El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso de Costa Rica*.
- Finol, H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana (Venezuela)* v. 14 (21) p. 29-42.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020: Los bosques, la biodiversidad y las personas*.
- Galván, O. (2022). *Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali, 2019*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/8392>

- Garate, J. S., Canahuire, R., Surco, O., & Alarcón, G. (2021). Desarrollo estructural y composición florística arbórea en áreas afectadas por minería aurífera en la Amazonía peruana: A 20 años de su reforestación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92(0), 923437. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3437>
- González, A. R. (1999). *Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico*. U. Jorge Tadeo Lozano.
- González, R., Avella, A., & Díaz-Triana, J. E. (2015). *Plataformas de monitoreo para vegetación: toma y análisis de datos. Monitoreo a procesos de restauración ecológica*, 87.
- Gutiérrez, F. H., Ore, L. E., Loarte, W. C., & Oré, J. D. (2021). Evaluación de la restauración forestal de una franja deforestada en 1998 en el Bosque Reservado. *Llamkasun*, 2(1), 105-120. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v2i1.35>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hosokawa, R. T. (1986). *Manejo e economía de florestas*. FAO, Roma (Italia).
- Lamprecht, H. (1964). Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario "El Caimita". *Rev. For. Venezolana* 7(10-11):77- 119
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*.
- Legendre, P. (1993). Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? *Ecology*, 74(6), 1659-1673. <https://doi.org/10.2307/1939924>
- Louman, B; Mejía A; Núñez, L. (2002). *Inventarios en bosques secundarios*. En. L. Orozco & C. Brumér (eds.), *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* (pp. 173-179). CATIE.
- Medina, B. (2017). *Análisis estructural del bosque secundario de la comunidad nativa de Limatambo*, Kimbiri, Cusco 2015.
- Melo, O. A., & Vargas, R. (2000). *Evaluación ecológica y silvicultural de los fragmentos de vegetación secundaria, ubicados en áreas de bosque seco tropical en el norte del departamento del Tolima*. Ibagué (Tolima, Colombia). Ibagué, Tolima: Facultad de

- Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima. Informe técnico programa de investigación forestal en ecosistemas con tendencia a la aridez.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2012). *Manual base para la Planificación y Ejecución de Inventarios Forestales en Bosques de Producción Permanente* (Versión 1.0).
- Monge, A. (1999). *Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a través de parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica* [Tesis Lic]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1).
- Morisita, M. (1959). Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns. *Memoires of the Faculty of Sciences, Kyushu University, (Serie, Biology)*, 2:215-235.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*.
- Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. (2017). *Proceso de convergencia interinstitucional para la estandarización de criterios de evaluación de los recursos forestales maderables*.
- Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. (2013). *Protocolo para la herborización: colección y preservado de ejemplares botánicos en procesos de supervisión forestal*.
- Paredes, C., Ferro, J., & Lozano, P. (2020). *Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador*. 18.
- Pool, DJ., Snedaker, SC., & Lugo, AE. (1977). Structure of mangrove forest in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. *Biotropica*, 9(3):195-212.
- Prodan, M. (1997). *Mensura forestal* (No. 1). Agroamérica.
- Ramos, J. C., Treviño, E. J., Buendía, E., Aguirre, O. A., & López, J. I. (2017). Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(43), 064-088. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i43.66>

- Remmert, H. (1991). *The mosaic-cycle concept of ecosystems*. Springer Verlag.
- Rivadeneira, P. (2020). *Estructura y composición florística de un bosque secundario en el sector Nangulví Alto, provincia de Imbabura*. [Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10380/2/03%20FOR%20304%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>
- Rivas, L., & Duran, M. (2008). *Evaluación del método de muestreo de parcelas de áreas fijas circulares en presencia de correlación espacial*. [Tesis Doctoral, Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela].
- Rodríguez, W. (2000). *Estudio cuantitativo de la diversidad forestal del BRUNAS*. (Doctoral dissertation, Tesis Ing. en recursos Naturales Renovables. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 119 p. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/567>).
- Rollet, B. (1978). *Organización*. In *Ecosistemas de los bosques Tropicales: informe sobre el estado de los conocimientos*.
- Sabogal, C. (1980). *Estudio de la caracterización ecológico silvicultura del bosque "Copal". Jenaro Herrera. Loreto-Perú*. [Tesis de Título, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Serrada, S. (2008). *Silvicultura de bosques*. Madrid, España: Servicio de Publicaciones Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2022). *Boletín hidroclimático regional dirección zonal 10, Huánuco*. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1821>
- Sgot, C. (2014). *Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de demarcación territorial de la Provincia de Leoncio Prado*. 303.
- Smith, Sabogal, Jong, & Kaimowitz. (1997). *Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina*. 13.
- Solano, P. (2020). *Composición florística, estructura de bosque y diversidad de especies en bosques secundarios húmedos tropicales del Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica*. [Tesis pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12402/TFG\\_Priscilla\\_Solano\\_Solano.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12402/TFG_Priscilla_Solano_Solano.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Spittler M, P. (1997a). *Guía técnica para el inventario rápido de bosques secundarios en la Zona Norte de Costa Rica*.
- Spittler, P. (1997b). *Inventario rápido en bosques secundarios de la Región Norte de Costa Rica*.
- Stampfer, E. (1995). *Solitärdimensionen österreichischer Baumarten*. na.
- Supo. (2012). *Seminarios de investigación científica (6<sup>ta</sup> Ed.)*.
- Tello, R. (2002). *Manual de Inventario Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Iquitos Perú, 47*.
- Ugalde, L. (1981). *Conceptos Básicos de Dasometría*.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica (2a ed.)*. San Marcos.
- Vela, F. (2019). *Composición florística y estructura de Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en parcela permanente de medición, Tingo María—Perú [Tesis Maestría, Universidad Nacional Agraria de Selva]. [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1658/TS\\_VPF\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1658/TS_VPF_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)*
- Zuñe, F., Dávila, D., Rojas, C., & Delgado, G. (2021). Estructura y biomasa arbórea del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, Lambayeque, Perú. *Paubrasilia*, 4, 11. <https://doi.org/10.33447/paubrasilia.2021.e0055>

## **ANEXOS**









Parcela 5  
 Hoja de campo  
 Tipo de bosque: Secundario

Hora de inicio: 11:12 am  
 Hora de término: 11:43 am  
 Coordenadas UTM: E N

N°	Azimut	Distancia (m)	Nombre común	Diámetro (cm)	Altura total (m)	Radio de copa (m)				Calidad de fuste	Estado fitosanitario
						N	E	S	O		
1	0	0	Pandisho	19.3	12	2.5	6	4	5	1	1
2	302	3.50	Pandisho	17.8	12	4	3	1	3	1	1
3	28	8.46	Pandisho	35.3	18	6	4	4	3	1	1
4	130	5.30	Pandisho	17	15	6	4	2	5	1	1
5	235	3.20	Pandisho	20	15	3	4	6	2	1	1
6	193	8.10	Pandisho	17.9	16	4	2	3	6	1	1
7	202	11	Pandisho	22	13	3	3	4.5	3	1	1
8	197	11	Pandisho	14	14	3	3	2.5	3	1	1
9	195	11	Pandisho	10.4	9	0	0	1.5	0	1	1
10	215	11.20	Pandisho	11.7	10	4	3	2	2	1	1
11	218	10.60	Pandisho	10.3	10	3	3	3	3 <sup>Tris</sup>	1	1
12	208	11	Pandisho	15.7	15	4.60	2	2	4	1	1

## ANEXO B: Datos procesados

**Tabla 6.** Composición florística del bosque secundario en Tulumayo.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>n</b>
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Caucho masha	1
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Eritrina	1
	<i>Inga nobilis</i> Willd. Subsp. <i>Nobilis</i>	Shimbillo	1
Fabaceae	<i>Senegalia loretensis</i> (J. F. Macbr.) Seigler & Ebinger vel sp. aff.	Pashaquillo	1
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Pino chuncho	1
	<i>Machaerium floribundum</i> Benth	Desconocido	2
Malvaceae	<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Zapote	1
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fosb.	Pandisho	11
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	Pichirina blanca	4
Urticaceae	<i>Cecropia membranaceae</i> Trécul	Cetico	7

**Tabla 7.** Abundancia absoluta y relativa.

<b>Especies</b>	<b>Aa</b>	<b>Ar %</b>
<i>Artocarpus altilis</i>	220	36,67
<i>Cecropia membranaceae</i>		
<i>Trécul</i>	140	23,33
<i>Eugenia sp.</i>	80	13,33
<i>Machaerium floribundum</i>	40	6,67
<i>Erythrina poeppigiana</i>	20	3,33
<i>Inga nobilis.</i>	20	3,33
<i>Matisia cordata</i>	20	3,33
<i>Senegalia loretensis</i>	20	3,33
<i>Sapium glandulosum</i>	20	3,33
<i>Schizolobium parahyba</i>	20	3,33
<b>Total general</b>	<b>600</b>	<b>100</b>

**Tabla 8.** Índice de valor de importancia.

<b>Especies</b>	<b>Dr</b>	<b>Ar</b>	<b>Fr</b>	<b>IVI</b>
<i>Artocarpus altilis</i>	22,1	36,7	20,0	78,8
<i>Cecropia membranaceae</i>	25,0	23,3	20,0	68,4
<i>Eugenia sp.</i>	22,7	3,3	6,7	32,7
<i>Schizolobium parahyba</i>	4,6	13,3	13,3	31,3
<i>Erythrina poeppigiana</i>	14,9	3,3	6,7	24,9
<i>Machaerium floribundum</i>	4,4	6,7	6,7	17,7
<i>Inga nobilis</i>	2,2	3,3	6,7	12,2
<i>Sapium glandulosum</i>	1,5	3,3	6,7	11,5
<i>Senegalia lorentensis</i>	1,5	3,3	6,7	11,5
<i>Matisia cordata</i>	1,1	3,3	6,7	11,1
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla 9.** Frecuencia absoluta y relativa.

<b>Especie</b>	<b>UM</b>					<b>Frecuencia</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Fa</b>	<b>Fr %</b>
<i>Artocarpus altilis</i>		1	1	9		60	20,0
<i>Cecropia membranaceae</i>		2	1	4		60	20,0
<i>Eugenia sp.</i>			1	3		40	13,3
<i>Erythrina poeppigiana</i>	1					20	6,7
<i>Machaerium floribundum</i>		2				20	6,7
<i>Inga nobilis</i>	1					20	6,7
<i>Matisia cordata</i>	1					20	6,7
<i>Senegalia lorentensis</i>		1				20	6,7
<i>Sapium glandulosum</i>			1			20	6,7
<i>Schizolobium parahyba</i>	1					20	6,7
<b>Total general</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>300</b>	<b>100,0</b>

**Tabla 10.** Dominancia absoluta y relativa.

<b>Especies</b>	<b>Dai</b>	<b>Dr</b>
<i>Cecropia membranaceae</i>	6,84	25%
<i>Schizolobium parahyba</i>	6,21	23%
<i>Artocarpus altilis</i>	6,05	22%
<i>Erythrina poeppigiana</i>	4,07	15%
<i>Eugenia sp.</i>	1,26	5%
<i>Machaerium floribundum</i>	1,19	4%
<i>Inga nobilis</i>	0,6	2%
<i>Sapium glandulosum</i>	0,42	2%
<i>Senegalia loretensis</i>	0,4	1%
<i>Matisia cordata</i>	0,29	1%
<b>Total</b>	<b>27,33</b>	<b>100%</b>

**Tabla 11.** Valor de cobertura.

<b>Especies</b>	<b>Dr</b>	<b>Ar</b>	<b>VC %</b>
<i>Artocarpus altilis</i>	22,14	36,67	29,40
<i>Cecropia membranaceae</i>	25,03	23,33	24,18
<i>Schizolobium parahyba</i>	22,72	3,33	13,03
<i>Erythrina poeppigiana</i>	14,89	3,33	9,11
<i>Eugenia sp.</i>	4,61	13,33	8,97
<i>Machaerium floribundum</i>	4,35	6,67	5,51
<i>Inga nobilis</i>	2,20	3,33	2,76
<i>Sapium glandulosum</i>	1,54	3,33	2,44
<i>Senegalia loretensis</i>	1,46	3,33	2,40
<i>Matisia cordata</i>	1,06	3,33	2,20
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tabla 12.** Posición sociológica.

Especies	E.I.	E.M.	E.S.	Psa	PSr	N°/ha
	N°/ha	N°/ha	N°/ha			
<i>Artocarpus altilis</i>	20	100	100	7,00	36,31	220
<i>Cecropia membranaceae</i>	0	40	100	5,50	28,53	140
<i>Eugenia sp.</i>	40	40	0	1,28	6,61	80
<i>Machaerium floribundum</i>	0	20	20	1,40	7,26	40
<i>Inga nobilis</i>	0	0	20	0,75	3,89	20
<i>Schizolobium parahyba</i>	0	0	20	1,00	5,19	20
<i>Erythrina poeppigiana</i>	0	0	20	0,90	4,67	20
<i>Matisia cordata</i>	0	20	0	0,50	2,59	20
<i>Sapium glandulosum</i>	20	0	0	0,15	0,78	20
<i>Senegalia loretensis</i>	0	0	20	0,80	4,15	20
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>220</b>	<b>300</b>			<b>600</b>

**Tabla 13.** Índice de valor forestal.

Especies	IVF %
<i>Artocarpus altilis</i>	88,42
<i>Cecropia membranaceae</i>	79,48
<i>Schizolobium parahyba</i>	36,15
<i>Eugenia sp.</i>	22,16
<i>Erythrina poeppigiana</i>	22,12
<i>Machaerium floribundum</i>	18,99
<i>Senegalia loretensis</i>	10,14
<i>Inga nobilis</i>	9,69
<i>Matisia cordata</i>	6,77
<i>Sapium glandulosum</i>	6,08
<b>Total</b>	<b>300,00</b>

## ANEXO C. Panel fotográfico



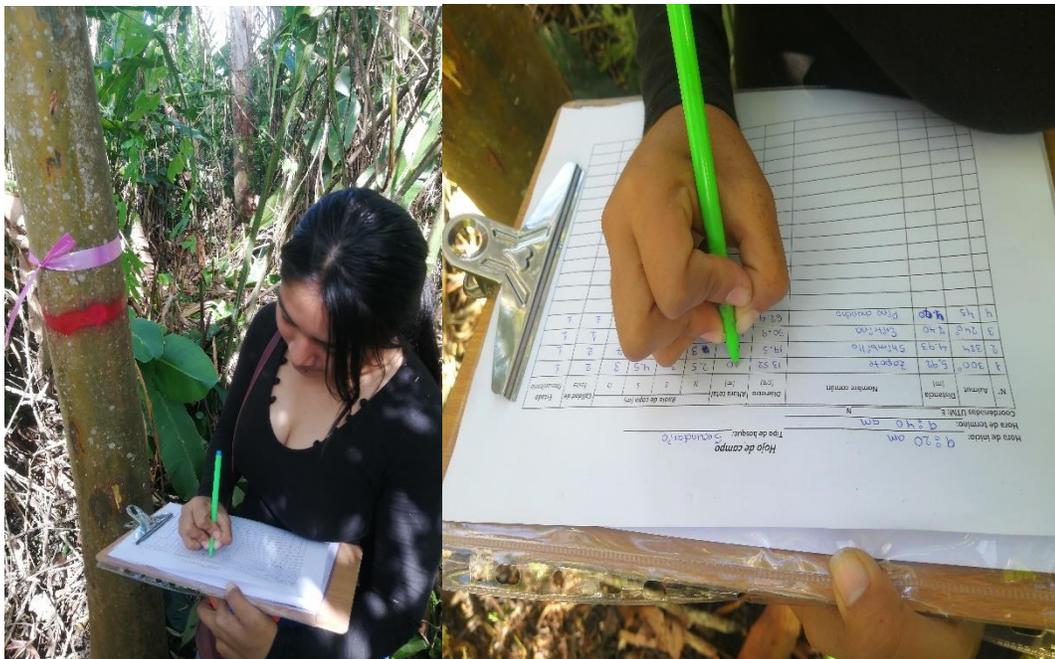
Figura 11. Ubicación de la unidad de muestreo.



Figura 12. Instalación del letrero de investigación.



**Figura 13.** Equipos y herramientas utilizadas en la evaluación de campo



**Figura 14.** Registro de información en formatos de campo.



**Figura 15.** Medición del diámetro del árbol.



**Figura 16.** Lectura del diámetro del árbol en la cinta diamétrica.



**Figura 17.** Medición de distancia desde el punto central de la UM al árbol a evaluar.



**Figura 18.** Medición de distancia y azimut al árbol a evaluar.

VERSIÓN N° 2023-002

## CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

El que suscribe, **Yahn Carlos Soto Shareva** con DNI N° **43060838**, especialista botánico inscrito a la Dirección de Normalización y Certificación de Competencias Laborales, como: **Evaluador de Competencias Laborales de Identificación de Especies Forestales**; con código de evaluador N° **202100034** y habilitado ante el Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo con Resolución Directoral N° **24-2021-MTPE/3/19.2**, deja constancia:

A solicitud del Bachiller **LINGAN ARELLANO, Edinson Lenin** se proporciona la identificación botánica que corresponden a los nombres científicos siguientes:

N°	Código Asignado	Nombre científico	Familia
01	001-LAE	<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae
02	002-LAE	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae
03	003-LAE	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Urticaceae
04	004-LAE	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Moraceae
05	005-LAE	<i>Senegalia loretensis</i> (J. F. Macbr.) Seigler & Ebinger vel sp. aff.	Fabaceae
06	006-LAE	<i>Machaerium floribundum</i> Benth.	Fabaceae
07	007-LAE	<i>Inga nobilis</i> Willd. subsp. <i>nobilis</i>	Fabaceae
08	008-LAE	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Fabaceae
09	009-LAE	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Fabaceae
10	010-LAE	<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Malvaceae

De acuerdo con la información entregada las muestras botánicas corresponden al proyecto de Tesis titulado: “**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VEGETACION ARBÓREA EN BOSQUE SECUNDARIO DE TULUMAYO**”

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para fines que considera conveniente.

Determinado por:

  
 Ing. Yahn Carlos Soto Shareva  
 ESPECIALISTA BOTÁNICO  
 REG. CIP N° 192243

Palcazú, 09 de octubre de 2023

Domicilio: Av. Fernando Westreicher s/n, Mz. P. Lote 10, Iscozacín-Palcazú, Oxapampa, Pasco.  
 Teléfono: +51 997 685 208 E-mail: [yahncarlos@gmail.com](mailto:yahncarlos@gmail.com); [yahncarlos\\_24@yahoo.es](mailto:yahncarlos_24@yahoo.es)

**ANEXO D. Constancia de identificación de especies arbóreas de la tesis.**