

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**DINÁMICA FORESTAL DE LA PARCELA PERMANENTE N° IV DEL BOSQUE
RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA,
TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

GARCIA NAMUCHE, ARNOLD ABEL

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°077-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 20 de mayo de 2025, a horas 10:15 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“DINÁMICA FORESTAL DE LA PARCELA PERMANENTE N° IV DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, TINGO MARÍA”

Presentado por la Bachiller: **GARCIA NAMUCHE, ARNOLD ABEL** 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, la sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 27 de junio de 2025

Ing. MSc. RAUL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE

Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
MIEMBRO



Ing. MSc. BRAYAN ANDRE CALDAS DE LA CRUZ
MIEMBRO

Dr. DAVID P. QUISPE JANAMPA
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 243 - 2025 - 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:

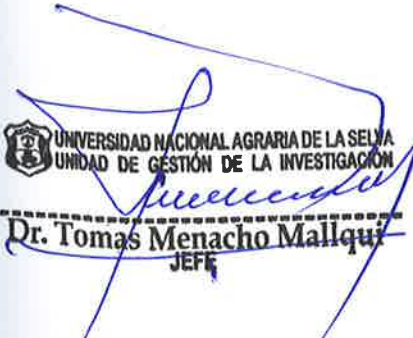
Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DINÁMICA FORESTAL DE LA PARCELA PERMANENTE N° IV DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, TINGO MARÍA	GARCIA NAMUCHE, ARNOLD ABEL	22 % Veintidós

Tingo María, 21 de julio de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



DINÁMICA FORESTAL DE LA PARCELA PERMANENTE N° IV DEL BOSQUE
RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA,
TINGO MARÍA

Autor : GARCIA NAMUCHE, Arnold Abel

Asesor : Dr. QUISPE JANAMPA, David Prudencio

Programa de investigación : Gestión de bosques y plantaciones forestales

Línea de investigación : Silvicultura, manejo y ordenación de bosques

Eje temático : Ecología Forestal

Lugar de ejecución : Tingo María - Rupa Rupa - Leoncio Prado - Huánuco - BRUNAS

Duración : Fecha de inicio : mayo 2023

Fecha de término : diciembre 2023

Financiamiento : **Propio (x) FEDU () Externo()**

Presupuesto : S/ 3 454,00

Tingo María - Perú, 2025

DEDICATORIA

A Dios por concederme la vida

A mis padres Carmencita Zoila Namuche Rodríguez y Abel García Higinio, por todo el cariño y apoyo brindado durante todos estos años, por enseñarme que nunca se deja de aprender, por impulsarme a crecer y mejorar cada día más.

A mis hijos Jhinee Jaime García Orosco, Carlos Adriano García Alvarado y Maia Kailani García Alvarado, por ser parte de mi vida y que, tan solo su existencia me lleno de valor para conseguir este objetivo.

A mis hermanos Junnior Josué, Jordy Joe, Miguel Angel y Jorge Diago García Namuche, por su apoyo incondicional, por ser mi motivo de superación y por enseñarme que todo lo que uno quiere en la vida se puede lograr con esfuerzo y mucha voluntad.

A mi abuelita zelmira Rodríguez Torres, por todos sus consejos y amor brindado, por cuidarme incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A mi patrocinador, Dr. David P. Quispe Janampa, por su apoyo y asesoramiento a lo largo del desarrollo de la presente investigación.

A los miembros de mi jurado, el M.Cs. Raúl Araujo Torres, la M.Cs. Maribel Flora Roca Capcha y el Mg. Sc. Brayan André Caldas de la Cruz, por sus consejos que me acompañaron a lo largo del desarrollo de mi tesis.

Al profesor, M. Cs. Cleide Santos Flores, por sus conocimientos y consejos brindados.

A mi familia, por su apoyo incondicional, en especial a mi mamá Carmencita Zoila Namuche Rodríguez y mi papá Abel García Higinio.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Bosque secundario.....	3
2.1.2. Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). 3	
2.1.3. Unidades fisiográficas del BRUNAS.	4
2.1.4. Dinámica forestal	4
2.1.5. Parcelas permanentes de medición.....	6
2.1.6. Mortalidad	7
2.1.7. Reclutamiento.....	10
2.1.8. Crecimiento	10
2.2. Estado del arte.....	12
2.2.1. Parcelas permanentes de monitoreo	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Ubicación y características del sitio	16
3.1.1. Dimensiones y topografía.....	16
3.1.2. Ubicación geográfica y coordenadas Datum WGS 84, UTM/UPS	16
3.1.3. Características del BRUNAS	16
3.1.4. Tipo de vegetación	16
3.1.5. Importancia ecológica	16
3.1.6. Contexto hidrográfico	17
3.2. Materiales y equipos	18
3.2.1. Materiales de campo.....	18
3.2.2. Equipos.....	18
3.3. Metodología.....	18
3.3.1. Selección del sitio de estudio	18
3.3.2. Categorías a evaluar	18
3.3.3. Diseño e instalación de la parcela permanente de monitoreo	19
3.3.4. Registro de datos dentro la PPM.....	20
3.3.5. Identificación taxonómica	21
3.4. Diseño de investigación	21

3.4.1. Muestreo estratificado al azar	
3.4.2. Variables de respuesta	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Curva - área especie y composición florística por familia y especie.....	25
4.2. Mortalidad y reclutamiento por subparcela, familia y especie	28
4.3. Incremento del área basal por familia y especie	33
V. CONCLUSIONES	38
VI. PROPUESTAS A FUTURO	39
VII. REFERENCIAS	40
ANEXO.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Comparación de número de individuos, especies y familias en PPM, con estudios de 1.0 ha (POM $\geq$ 10cm).....	13
2. Comparación entre dos estudios de dinámica forestal realizados en dos tipos de bosques.	14
3. Número de individuos en la población inicial y final	14
4. Categorías de árboles a evaluar y tamaño de muestra	19
5. Datos para elaborar la curva área – especie en un periodo intercensal de 8 años	25
6. Características de la diversidad en la población inicial y final	28
7. Tasa de mortalidad y reclutamiento por subparcelas	29
8. Tasa de mortalidad y reclutamiento de las familias más abundantes.....	31
9. Tasa de mortalidad y reclutamiento de las especies más abundantes	32
10.Incremento y tasa anual de crecimiento del área basal por subparcelas	33
11.Incremento y tasa anual de crecimiento del área basal de las familias más abundantes.....	36
12.Incremento y tasa anual de crecimiento del área basal de las especies más abundantes.....	37
13.Base de datos de la remediación de la parcela.....	48
14.Comportamiento de las variables, inicial y final según la familia y especie	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Curvas hipotéticas de distribución de diámetros en comunidades arbóreas	12
2. Climograma mensual promedio de Tingo María (2015-2023).....	17
3. Diseño de la parcela permanente de monitoreo para la obtención de datos.	19
4. Disposición y recorrido correcto en una parcela permanente	20
5. Relación área-especie en ambas parcelas del Bosque Reservado de la UNAS.	26
6. Distribución diamétrica de la parcela	26
7. Incremento medio anual por subparcela	34
8. Ubicación de los vértices de la parcela permanente N°-4	53
9. Georreferenciación de la parcela permanente N°-4.....	53
10. Ubicación y mantenimiento de las placas de aluminio.....	54
11. Calculo de la circunferencia al POM de las especies	54
12. Colaboradores del trabajo de investigación.....	55

RESUMEN

Este estudio analizó la dinámica forestal de una parcela de 1 hectárea en un bosque muy húmedo premontano subtropical de colina alta, ubicado en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de La Selva (BRUNAS), en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco. Utilizando la metodología RAINFOR, se reevaluaron 563 individuos con un POM ≥ 10 cm, previamente medidos en 2015. Los resultados revelaron una tasa anual de mortalidad del 0,72% y una tasa de reclutamiento del 0,97%. El incremento medio anual del área basal alcanzó 1,28m²/ha/año, con una tasa anual de crecimiento del 3,71%. En cuanto a las familias, Siparunaceae y Nyctaginaceae mostraron las tasas de mortalidad más elevadas (8,66% y 4,21% respectivamente). Por otro lado, Rubiaceae y Euphorbiaceae lideraron en tasas de reclutamiento (1,72% y 1,47%). Melastomataceae y Rubiaceae destacaron por su crecimiento anual del área basal (9,97% y 7,98%). A nivel de especies, *Neea divaricata* y *Marila tomentosa* presentaron las mayores tasas de mortalidad (5,07% y 3,14%), mientras que *Batocarpus orinocensis* y *Hevea guianensis* sobresalieron en reclutamiento (2,79% y 2,51%). *Calycophyllum megistocaulum* y *Schizocalyx peruvianus* lideraron en la tasa anual de crecimiento del área basal (12,44% y 11,49%).

Palabras claves: Dinámica forestal, mortalidad, reclutamiento.

**The Forest Dynamic of Permanent Plot Number IV in the Bosque Reservado
Universidad Nacional Agraria de la Selva in Tingo Maria**

ABSTRAC

In this study the forest dynamic of a one acre plot in a very humid, pre-mountainous, subtropical, low hill forest located in the Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de La Selva (BRUNAS – acronym in Spanish) in the Leoncio Prado province of Huanuco, [Peru] was done. The RAINFOR methodology was used, revealing 563 specimens with a POM ≥ 10 cm, previously measured in 2015. The results revealed an annual mortality rate of 0.72% and a recruitment rate of 0.97%. The average annual increase in the base area achieved 1.28m²/ac/year, with an annual growth rate of 3.71%. With respect to the families, Siparunaceae and Nyctaginaceae proved to have the most elevated mortality rates (8.66% and 4.21% respectively). On the other hand, Rubiaceae and Euphorbiaceae lead the recruitment rates (1.72% and 1.47%). Melastomataceae and Rubiaceae stood out for their annual growth in the base area (9.97% and 7.98%). At a species level, *Neea divaricata* and *Marila tomentosa* presented the greatest mortality rates (5.07% and 3.14%); meanwhile, *Batocarpus orinocensis* and *Hevea guianensis* stood out in recruitment (2.79% and 2.51%). *Calycophyllum megistocaulum* and *Schizocalyx peruvianus* lead in the annual growth rate of the base area (12.44% and 11.49%).

Keywords: forest dynamic, mortality, recruiting

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales tropicales, como los presentes en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), atraviesan actualmente un proceso acelerado de degradación debido a la creciente intervención humana. Actividades como la tala selectiva, la agricultura migratoria y el uso no planificado del suelo han provocado alteraciones sustanciales en la dinámica natural del bosque, favoreciendo la desaparición de especies autóctonas y la aparición de especies oportunistas. Estos cambios afectan gravemente la estructura, la composición y la capacidad de regeneración de los bosques, comprometiendo tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos que brindan.

A pesar de la importancia ecológica y social de estos ecosistemas, la gestión y conservación efectiva de los bosques tropicales enfrenta una limitación fundamental: la escasez de información precisa, sistemática y de largo plazo sobre su estructura y dinámica. Esta carencia de datos confiables dificulta la evaluación real de los cambios que experimentan estos ecosistemas y limita la formulación de estrategias de manejo sostenible. En el caso específico del BRUNAS, la falta de estudios continuos y detallados sobre parcelas permanentes de medición restringe aún más la capacidad para monitorear y comprender los procesos ecológicos que ocurren en sus bosques.

En este contexto, se vuelve indispensable generar información actualizada a través de investigaciones longitudinales en parcelas permanentes, que permitan analizar la evolución de la estructura y composición forestal a lo largo del tiempo. Dichos estudios son fundamentales para identificar patrones de cambio, especies clave y factores que inciden en la dinámica del bosque, proporcionando así una base científica para la toma de decisiones orientadas a la conservación y el manejo sostenible de los bosques tropicales de la región.

En este contexto, surge la necesidad de responder a la siguiente interrogante: ¿Cuál será la dinámica forestal de la parcela permanente N° IV del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) después de un período de 8 años? Esta pregunta se abordará mediante la remediación de una hectárea establecida en abril de 2015, como parte de una tesis sobre la diversidad en bosques de colina baja y alta. La nueva evaluación, realizada ocho años después, sigue la metodología de RAINFOR y busca analizar los cambios en la estructura y composición del bosque.

Este estudio es de gran relevancia, ya que ningún otro trabajo ha abordado la evaluación de la dinámica forestal a largo plazo en este contexto específico, especialmente con fines de

planificación del manejo de bosques secundarios. Contar con información sistematizada proveniente de parcelas permanentes de medición (PPM) es fundamental para generar datos útiles en la toma de decisiones. Las investigaciones prolongadas en estas parcelas proporcionan una base científica para diseñar sistemas de manejo más eficientes, modelar la productividad y formular estrategias que aseguren la conservación y el uso sostenible de los bosques tropicales. Además, el análisis del dinamismo forestal permite comprender la evolución de los ecosistemas, identificar especies clave y conocer los factores que influyen en su crecimiento y dispersión, contribuyendo así a mitigar la pérdida de biodiversidad.

Objetivo General

- Evaluar la dinámica forestal de la parcela permanente N° IV del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en un periodo de 8 años.

Objetivos específicos

- Determinar la curva - área especie, la composición florística por familia y especie en la parcela permanente de estudio en un periodo de 8 años.
- Determinar la mortalidad y reclutamiento por familia y especie en la parcela permanente de estudio en un periodo de 8 años.
- Estimar la tasa de crecimiento del área basal por familia y especie en la parcela permanente de estudio en un periodo de 8 años.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Bosque secundario

Russo y Leblanc (2006) mencionan que, en un bosque secundario, la densidad promedio de árboles fustales fue 592 individuos por hectárea, con 23,9cm de diámetro promedio. Además, manifiesta que 26 m²/ha es el área basal media, mientras que el volumen de madera, estimado considerando una altura promedio de 17 metros para los árboles maduros, se calcula en 163,2 m³/ha.

En cuanto al crecimiento, el incremento medio anual (IMA) en volumen se establece en 10,9 m³/ha/año. Esta tasa de crecimiento se traduce en una captura de carbono constante de 2,2 Tn/ha anualmente.

Guinea (2004) manifiesta que los individuos de categoría fustal encontradas fue de 516 árboles por hectárea. Para especies que oscilan entre 7 y 20 años, asimismo determinó 32,6m²/ha en área basal y 210m³/ha de volumen. Estos datos reflejan las características estructurales y de crecimiento de los bosques secundarios, destacando la variabilidad en densidad, área basal y volumen según la edad y las condiciones del bosque.

2.1.2. Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS)

Exactamente en el mes de abril a los 21 días del año 1942 se establece la Estación Experimental Agrícola Tingo María por convenio entre el Perú y los Estados Unidos. En lo que ahora se llama (BRUNAS) (Camacho, 1947).

Al fundarse la Universidad Nacional Agraria de la Selva el año 1964, pasó a ocupar toda el área de la estación experimental. Después que se estableciera la Facultad de Recursos Naturales Renovables en abril a los 6 días del año 1979, quedó bajo la administración de BRUNAS. En la actualidad se conservan importantes especies forestales de “tornillo” (*Cedrelinga cateniformis*) y plantaciones de bambú gestionadas por dicha facultad (Marcos, 1996).

El BRUNAS fue establecida mediante la Resolución N° 1502 - 56 - UNASTM, emitida en diciembre a los 31 días de año 1971. Su creación tuvo como objetivo principal la conservación integral de los recursos naturales presentes en esta zona.

En el contexto de Tingo María, el BRUNAS representa una de las escasas áreas naturales que aún persisten en la región. Este espacio protegido abarca una superficie total de 230 ha (Rodríguez, 2000).

2.1.3. Unidades fisiográficas del BRUNAS.

La zona en cuestión se caracteriza por seis unidades fisiográficas distintas. La forma actual del terreno y su relieve son el resultado de diversos procesos morfodinámicos. Estas unidades presentan una variedad de características topográficas, desde áreas relativamente uniformes y casi llanas o con suaves ondulaciones, hasta zonas más accidentadas y heterogéneas (Puerta, 2007).

Según Puerta (2007), el área se puede dividir en cuatro grandes categorías de paisaje, entre ellos el paisaje plano ondulado: Caracterizado por terrenos con ligeras ondulaciones y pendientes suaves; paisaje de colina baja: Este se subdivide en dos clases, probablemente basadas en la altura y pendiente de las colinas; paisaje de colina alta: También se divide en dos clases, presumiblemente diferenciadas por su elevación y grado de inclinación; paisaje montañoso: Representa las zonas de mayor elevación y relieve más pronunciado en el área.

2.1.4. Dinámica forestal

Trigueros et al. (2014) afirman que, la dinámica forestal como los cambios naturales o provocados por eventos extraños que se puede presenciar a lo largo del tiempo sobre la composición y la estructura de la masa forestal en los bosques. Destacan que los disturbios, ya sean naturales o antropogénicos, el cual juegan un papel crucial en la conservación de los bosques naturales, ya que influyen en su evolución y resiliencia.

Por su parte, Odum (2007) señala que las poblaciones poseen características distintivas que surgen del colectivo y no pueden ser atribuidas a los organismos de forma individual, entre estas propiedades se incluyen: Densidad (número de individuos por unidad de área); mortalidad (tasa de muertes); distribución por edades; potencial biótico (capacidad de crecimiento en condiciones ideales) y dispersión (movimiento de individuos dentro de un área).

Además, las poblaciones tienen particularidades genéticas las cuales están directamente relacionadas a través de la ecología, como por ejemplo la adaptabilidad, el éxito reproductivo y la persistencia (la probabilidad de dejar descendientes a lo largo del

tiempo). Estas propiedades son fundamentales para entender la dinámica y sostenibilidad de las poblaciones en los ecosistemas forestales.

La dinámica de los bosques tropicales ha persistido a lo largo de décadas. Los científicos han dedicado considerables esfuerzos a investigar y comprender los procesos ecológicos fundamentales que sustentan la extraordinaria biodiversidad de estos ecosistemas. (Vallejo et al., 2005).

Un actor clave en este proceso fue el programa del hombre y la biosfera de la Institución Smithsonian, que lideró muchos de estos esfuerzos de investigación. Este programa fue fundamental en la promoción de estudios sistemáticos y comparables sobre la biodiversidad amazónica (Bokova, 2017).

Paralelamente, surgieron otras iniciativas importantes que contribuyeron a este esfuerzo de investigación. Entre ellas, destaca la RAINFOR, que se sumó a la tarea de recopilar datos exhaustivos en los bosques amazónicos sobre la composición y estructura.

Baker et al. (2003) destacan sobre la complejidad de la dinámica de los bosques naturales es fundamental desarrollar modelos conceptuales que apoyen la toma de decisiones en la planificación y gestión forestal. Por ejemplo, responder preguntas sobre la velocidad de crecimiento de las especies arbóreas; las tasas de mortalidad y reclutamiento y sobre los ciclos de corta adecuados en caso de aprovechamiento de productos forestales.

Estas respuestas son esenciales para poder seleccionar rodales, especies con la finalidad de proteger y manejar los bosques a nivel local y regional. Además, comprender estas dinámicas para analizar las tendencias en la actualidad y el futuro sobre el ciclo global del carbono, ya que es necesario cuantificar los cambios temporales en las reservas y flujos de carbono en los ecosistemas, especialmente en los boscosos. Este enfoque integrado permite una gestión forestal más sostenible y contribuye a la mitigación del cambio climático.

El bosque húmedo y con grandes precipitaciones en la Amazonía es un sistema muy dinámico en constante cambio. Procesos como la diseminación, la polinización y la germinación ocurren de manera cotidiana, al igual que la mortalidad consecuentemente la caída de los árboles grandes del dosel. Asimismo, los ríos como los riachuelos erosionan continuamente sus riberas, depositando sedimentos ricos en nutrientes corriente abajo, los cuales sirven como sustrato para el crecimiento de nuevas especies arbóreas.

Los bosques se presentan como un complejo mosaico ecológico, compuesto por una variedad de áreas o "parches" en distintas etapas de desarrollo, algunos más jóvenes y otros más viejos, resultado de una serie de eventos perturbadores naturales como derrumbes, huracanes o la caída de árboles, presenciados en momentos distintos. Dentro de cada parche, los árboles adultos, brinzales y plántulas compiten constantemente la disponibilidad de los recursos como luz, agua y nutrientes. Esta dinámica de competencia y regeneración es fundamental para mantener la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema (Asquith, 2002).

Ramírez et al. (2002) señalan que los estudios sobre bosques tropicales son escasos en comparación con los realizados en zonas templadas, especialmente en lo que respecta a la dinámica forestal. En las zonas templadas, existen registros extensos que permiten desarrollar modelos basados en el comportamiento independiente de cada especie arbórea, lo que facilita una comprensión detallada de la estructura y evolución de estos ecosistemas. En contraste, la falta de datos a largo plazo en los bosques tropicales dificulta la creación de modelos similares, a pesar de la gran diversidad y complejidad de estos ecosistemas. Esta disparidad resalta la necesidad de incrementar la investigación y el monitoreo en bosques tropicales para mejorar su manejo y conservación.

2.1.5. Parcelas permanentes de medición

Las parcelas permanentes de monitoreo son una herramienta clave para estudiar y gestionar la dinámica de los bosques naturales, ya sea en su estado original o cuando están sujetos a intervenciones humanas. Los datos recolectados a través de las PPM, como el crecimiento y la producción forestal, tienen un impacto directo en la gestión forestal, facilitando la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo para invertir en esta actividad. La información obtenida se utiliza principalmente para desarrollar, perfeccionar o actualizar los modelos relacionados con la dinámica de los bosques, tanto en su estado natural como intervenido, con el objetivo de optimizar su estructura y manejo (Gómez, 2010).

Según Aguilar (2008), un desafío significativo en el análisis de datos provenientes de múltiples fuentes radica en la diversidad de metodologías de evaluación empleadas. Esta variabilidad metodológica puede conducir a interpretaciones erróneas de los resultados. Por consiguiente, es crucial examinar cuidadosamente el impacto de cualquier alteración en los métodos de recolección de datos a lo largo del tiempo. Es fundamental realizar un análisis riguroso para no interpretar erróneamente los cambios metodológicos como alteraciones reales en el comportamiento del ecosistema. Para abordar este desafío, la Red

Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) elaboró un manual unificado de procedimientos, diseñado a partir de su experiencia en trabajos de campo en distintas zonas de América del Sur, que guía tanto el establecimiento como la revaluación de parcelas forestales.

Vallejo et al. (2005) mencionan que, las parcelas permanentes se presentan como un instrumento crucial para la comprensión, conservación y manejo sostenible de los bosques. La información que proporcionan no solo es valiosa para la investigación científica, sino que también tiene aplicaciones prácticas directas en la toma de decisiones para la gestión y conservación de los ecosistemas forestales.

Por otro lado, las parcelas permanentes no solo son herramientas para el estudio de la estructura forestal, sino que también sirven como plataformas para investigaciones genéticas y evolutivas avanzadas. Este enfoque multidisciplinario enriquece nuestra comprensión de los complejos procesos que dan forma a los ecosistemas forestales, proporcionando datos valiosos para la conservación y el manejo sostenible de estos entornos.

Las parcelas permanentes de muestreo (PPM) representan una metodología esencial para el seguimiento a largo plazo de los ecosistemas forestales. Estas áreas delimitadas y medidas regularmente funcionan como instrumentos de observación continua, permitiendo el seguimiento del desarrollo forestal y objetivos específicos, tales como: a) Análisis de cambios y proyección de tendencias; b) Evaluación de la dinámica poblacional; c) Desarrollo de modelos predictivos y d) Estudio de influencias ambientales (Sabogal et al., 2004).

Pinedo (2000) dice que, una PPM es una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), o de otro tipo de información previamente determinada.

2.1.6. Mortalidad

Analizar de manera sistemática la mortalidad en los bosques es clave para entender integralmente cómo funcionan estos ecosistemas. Este tipo de conocimiento no solo aporta al desarrollo científico, sino que también orienta y optimiza las estrategias de manejo y conservación de los bosques.

Lugo y Scatela (1996) indican que la mortalidad de las especies arbóreas en los bosques naturales puede ser causada por causas internas, como el proceso de envejecimiento, o por otros factores externos, como la exposición a sustancias tóxicas, agentes

patógenos, parásitos y consumidores (por ejemplo, herbívoros). Además, eventos naturales o antropogénicos extremos, como huracanes, incendios, derrames de hidrocarburos y deslizamientos de tierra, pueden aumentar significativamente la mortalidad de los árboles. Estos disturbios, ya sean graduales o abruptos, tienen un impacto profundo en la estructura y dinámica de los ecosistemas forestales.

Lugo y Scatela (1996) explican que los casos de mortalidad de las especies arbóreas, medidos como porcentaje de tallos o biomasa por unidad de tiempo y área, pueden variar en intensidad, escala espacial y escala temporal. En términos de intensidad, se distingue entre:

- Mortalidad de trasfondo (<5% anual), que ocurre de manera constante y natural.
- Mortalidad catastrófica (>5% anual), que resulta de eventos extremos.

En cuanto a la escala espacial, la mortalidad puede ser:

- Local, afectando áreas pequeñas.
- Masiva, impactando grandes extensiones.

Respecto a la escala temporal, la mortalidad puede ser:

- Gradual, ocurriendo a lo largo de años o décadas.
- Súbita, sucediendo en horas o semanas.

Los efectos ecológicos de la mortalidad catastrófica, masiva y súbita contrastan con los de la mortalidad de trasfondo, local y gradual. Estos contrastes se reflejan en:

- La dirección de la sucesión después del evento.
- La dinámica de la comunidad forestal.
- El ciclo de nutrientes.
- Posibles cambios en la selección natural sobre los árboles.

Estos procesos son fundamentales para entender la resiliencia y regeneración de los ecosistemas forestales después de disturbios.

Vázquez y Orozco (1992) señalan que, en los bosques lluviosos, la mayoría de los árboles no mueren por vejez, sino por factores externos que los debilitan y los hacen vulnerables. Entre estos factores se encuentran:

- El peso de las epífitas que crecen en sus ramas.
- Las lluvias intensas, que saturan el suelo y debilitan las raíces.
- El daño causado por termitas, hongos y otros parásitos.

La caída de árboles, especialmente cuando ocurre con desenraizamiento, no solo crea claros en el dosel, sino que también modifica la estructura del suelo y aumenta la complejidad ambiental del área afectada. Estos procesos son fundamentales para entender la dinámica de regeneración y la biodiversidad en los ecosistemas forestales. Estos claros son importantes para la regeneración del bosque, ya que permiten la entrada de luz y favorecen el crecimiento de nuevas plantas y la diversificación del ecosistema.

La tasa de mortalidad de los árboles en bosques tropicales generalmente varía entre el 1% y el 3% (Nebel et al., 2000). Los bosques tropicales húmedos suelen presentar tasas de mortalidad más altas en comparación con los bosques secos, probablemente debido a su mayor dinamismo. Por ejemplo:

- Porter et al. (2001) registraron una tasa de mortalidad del 2,1% en un bosque amazónico boliviano.
- Nebel et al. (2000) encontraron tasas de mortalidad entre 2,2% y 3,2% en un bosque de la región de Iquitos, en la Amazonía peruana.

Estas diferencias en las tasas de mortalidad reflejan las variaciones en las condiciones ambientales, la composición de especies y los disturbios naturales que caracterizan a estos ecosistemas. (Aguilar y Reynel, 2011).

Según Londoño y Jiménez (1999), en un bosque de tierra firme en la región de Araracuara en Colombia, que forma parte de la zona de vida "bosque húmedo tropical", se registraron tasas anuales de mortalidad que oscilan entre el 0,63% y el 0,96%.

Según Lewis et al. (2004), la tasa anual de la mortalidad en parcelas permanentes debidamente establecidas de acuerdo a la metodología RAINFOR en los países como Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela varían entre el 0,37% y el 3,97%.

Sabogal y Valerio (1998) registraron en un bosque secundario tardío una tasa anual de mortalidad de 2,1%.

Aguilar y Reynel (2011) reportaron el 1,07% de tasa de mortalidad en la selva central del Perú dentro de un bosque montano nublado.

2.1.7. Reclutamiento

Se clasifican como reclutas (o individuos nuevos) aquellos árboles que, durante una medición, alcanzan el diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) mínimo definido en el estudio (por ejemplo, árboles con más de 5 o 10 cm de d.a.p.). A partir de estos datos, es posible calcular la tasa de reclutamiento y el número de reclutas por hectárea. No obstante, esta última métrica debe interpretarse con precaución, ya que es un valor relativo que está influenciado por la densidad del bosque en el que se lleva a cabo el experimento (Pinnelo, 2000).

Ramírez et al. (2002) el porcentaje de reclutamiento por período se calcula mediante la relación entre el número de árboles reclutados y el número de árboles al inicio del período.

Londoño y Jiménez (1999) describen el reclutamiento como la habilidad del bosque para aumentar el número de árboles, reflejando tanto la fecundidad de las especies como el crecimiento y supervivencia de los árboles juveniles.

Aunque en la mayoría de los estudios de bosques tropicales se observa que las tasas de reclutamiento de los árboles están vinculadas a las de mortalidad, manteniendo una densidad más o menos constante de árboles con DAP mayores a 10 cm, para periodos cortos y en áreas pequeñas, la relación entre mortalidad y reclutamiento puede no ser evidente (Aguilar y Reynel, 2011).

La tasa de reclutamiento varía según el tipo de bosque. Por ejemplo, en un bosque templado seco, la tasa de reclutamiento puede ser de 0,73% anual, que es baja en comparación con un bosque tropical seco (1,51% anual) o un bosque húmedo (2,99% - 4,57% anual) (Nebel et al., 2000).

Aguilar y Reynel (2011) reportaron 2,94% de tasa de reclutamiento en la selva central del Perú dentro de un bosque montano nublado.

2.1.8. Crecimiento

Louman et al. (2001) definen el crecimiento de un árbol como el incremento de su tamaño a lo largo del tiempo, el cual puede medirse en términos de altura, área basal o volumen. La variación en la magnitud de este crecimiento se conoce como

incremento. Para que haya crecimiento, debe existir un estado inicial cuantificable y cambios en dicho estado a medida.

Diéguez et al. (2003) sostienen que el crecimiento de los árboles es el resultado de la modificación de variables como el diámetro, la altura, el área basal y el volumen. Estos cambios ocurren de forma biológica debido a la actividad de los meristemos primarios, que permiten el crecimiento en altura, y de los meristemos secundarios, responsables del aumento en diámetro.

Según Imaña y Encinas (2008), el crecimiento de un árbol puede verse afectado por diversos factores, incluyendo características genéticas de la especie, condiciones climáticas como temperatura, precipitación, viento e iluminación, así como propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, la topografía del sitio, la presencia de enfermedades o plagas y la competencia con otros árboles y vegetación también influye en la competencia entre ellos.

Nebel et al. (2000) indican que, en su estudio sobre un bosque húmedo neotropical de selva baja, el incremento medio anual del área basal fluctúa entre 0,63 y 0,99 m²/año, mientras que la tasa anual de crecimiento de esta área varía entre 2,09% y 3,79%. Asimismo, señalan que el incremento diamétrico anual se encuentra en 0,40 y 0,45 cm/año.

Aguilar y Reynel (2011) documentaron que, en un bosque montano nublado de la selva central, el incremento medio anual del área basal fue de 0,95 m²/año, con una tasa de crecimiento anual del 2,87% y un incremento diamétrico del 0,37 cm/año.

Estos datos reflejan la dinámica de crecimiento y desarrollo de los árboles en este tipo de ecosistema, destacando su capacidad de regeneración y productividad en condiciones de bosque montano. Estos indicadores son útiles para entender la estructura y funcionamiento de estos bosques, así como para planificar estrategias de manejo y conservación.

Según Schipper (2002) las prácticas silviculturales en bosques amazónicos subtropicales de manera idónea en la especie *Cedrela odorata*, es posible lograr un crecimiento superior al promedio, que varía entre 0,55 cm y 1,17 cm/año.

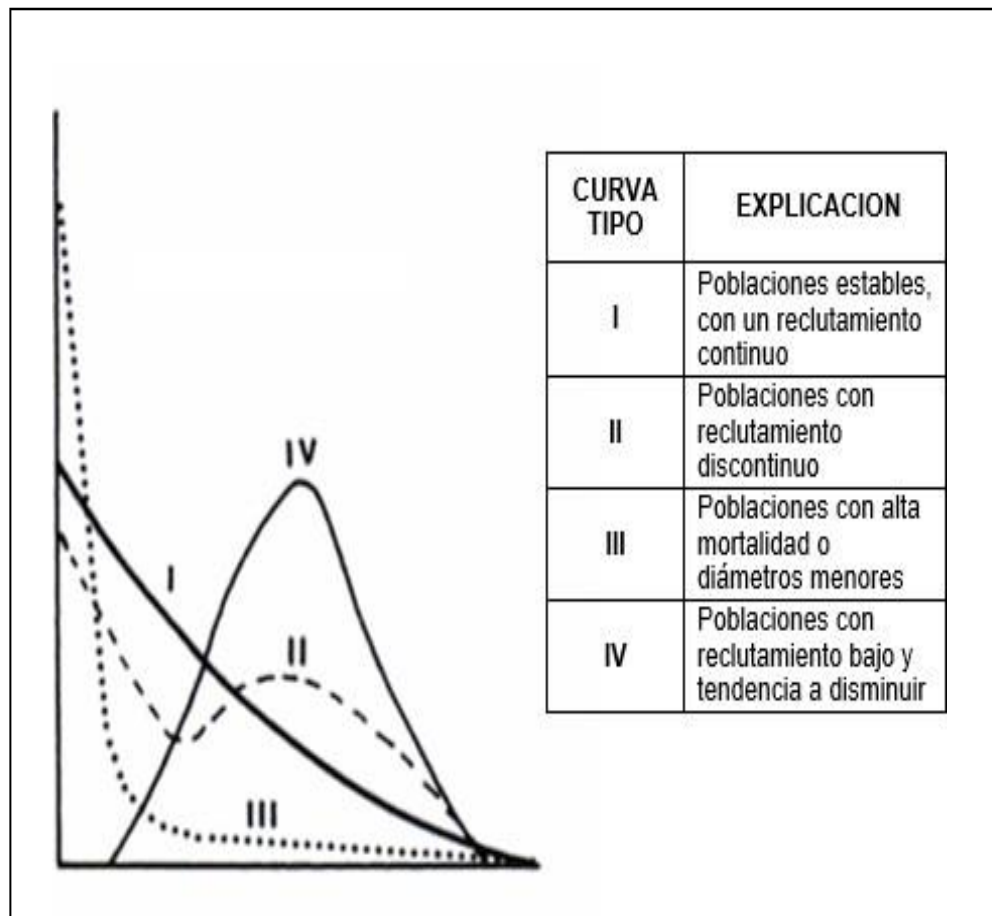


Figura 1. Curvas hipotéticas de distribución de diámetros en comunidades arbóreas

Fuente: (Young,1998).

2.2. Estado del arte

2.2.1. Parcelas permanentes de monitoreo

BOLFOR (2003) indica que, son instrumentos que permiten seguir el crecimiento y rendimiento del bosque remanente con el propósito de obtener información esencial para ser utilizado en el momento de tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta, diámetros mínimos de corta, volúmenes de corta y otros supuestos planteados en los Planes de Manejo Forestal.

Palacios (2009) afirma que, desde el año 2000, se han establecido parcelas permanentes en la Selva Central del Perú como parte de investigaciones de tesis de Pre y Postgrado de la UNALM. Estas parcelas están situadas en las provincias de Chanchamayo y Satipo, departamento Junín, y en la provincia de Oxapampa, departamento Pasco

Tabla 1. Comparación de número de individuos, especies y familias en PPM, con estudios de 1.0 ha (POM $\geq$ 10cm).

N°	Año	Referencia	Ubicación	Tipo de Vegetación	Altitud (m.s.n.m.)	N° de Individuos	N° de Especies	N° de Familias
1	2017	Perales	JU - Fundo Santa Teresa- Bosque	Bosque Húmedo Premontano Tropical	990 – 1050	695	102	43
2	2016	Giacomotti	JU - Fundo La Génova - Bosque Secundario Tardío	Bosque Húmedo Premontano Tropical	1158	512	62	24
3	2013	Buttgenbach et al.	Bosque Premontano (Chanchamayo, Junín)	Bosque Húmedo Premontano Tropical	1200	510	143	46
4	2009	Marcelo	JU - Fundo Santa Teresa - Bosque Secundario Tardío	Bosque Húmedo Premontano Tropical	950	775	102	37
5	2011	Aguilar y Reynel	Bosque Montano (Chanchamayo, Junín)10	Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical	2100	694	147	42
6	2007	Rivera	Kosñipatlla- Cusco	Bosque Húmedo Montano	2850	709	65	20
7	2005	Perea	Oxapampa, Pasco	Bosque Pluvial Montano	3200	575	43	19
8	2004	Angulo	Alto Mayo -San Martín	Bosque Húmedo Premontano	920	587	117	34
9	2004	De La Quintana	La paz-Bolivia	Bosque Muy Húmedo	280	519	134	40
10	2004	Roeder	Alto Mayo -San Martín	Bosque Húmedo Premontano	870	552	131	33
11	2004	Antón y Reynel	JU - Fundo La Génova (UNALM)	Bosque Húmedo Premontano Tropical	1075	357	90	28
12	2004	Antón y Reynel	JU - San Ramón - Ladera	Bosque Húmedo Premontano Tropical	1100	473	124	40
13	2004	Antón y Reynel	JU - Fundo La Génova - Bosque Secundario Tardío	Bosque Húmedo Premontano Tropical	1150	480	80	22
14	2004	Antón y Reynel	JU - Fundo La Génova - Cresta	Bosque Húmedo Premontano Tropical	1150	505	124	46
15	2004	Antón y Reynel	Puyu Sacha (Chanchamayo, PL)	Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical	2100	694	147	42
16	2004	Antón y Reynel	Puyu Sacha (Chanchamayo, PR)	Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical	2300	530	118	39
17	2003	La Torre	Pampa Hermosa (Chanchamayo, CPH)	Bosque muy Húmedo Premontano Tropical	1600	398	144	35
18	2000	Gómez	Oxapampa, Pasco	Bosque Montano Nublado	2500	687	156	35
19	1988	Gentry	Iquitos	Bosque Maduro	140	858	289	-

Tabla 2. Comparación entre dos estudios de dinámica forestal realizados en dos tipos de bosques.

Tipo de bosque	Bosque Montano	Bosque Premontano
Altitud (msnm)	2100	1200
Año 1ª medición	2003	2003
Año 2ª medición	2006	2009
Nº individuos 1ª medición	694	510
Nº individuos 2ª medición	742	545
Individuos muertos	26	62
Individuos reclutas	74	97
Tasa de mortalidad (%)	1,07	2,16
Tasa de reclutamiento (%)	2,94	3,27
Crecimiento en área basal (m ² /año)	0,95	0,51
Tasa de crecimiento de área basal (%)	2,87	2,72
Crecimiento diamétrico anual (cm/año)	0,37	0,31
Familias abundantes	LAURACEAE, MELASTOMATACEAE, MORACEAE, MYRTACEAE, BURSERACEAE	MORACEAE, FABACEAE, ULMACEAE, LAURACEAE, CECROPIACEAE
Autor	Aguilar y Reynel (2011)	Buttgenbach <i>et al.</i> (2013)

Tabla 3. Número de individuos en la población inicial y final

Tipo de bosque	Período intercensal (años)	Población inicial	Población final	Autor
Bosque premontano (Chanchamayo)	6	510	545	Buttgenbach (2013)
Bosque premontano (Chanchamayo)	3.7	512	536	Giacomotti (2016)
Bosque premontano (Satipo)	5	698	695	Perales (2017)
Bosque premontano (Satipo)	8	775	781	Ortiz (2017)

La tabla resume los resultados obtenidos en cuatro estudios desarrollados en bosques premontanos de la selva central del Perú, específicamente en las provincias de Chanchamayo y Satipo. Para cada caso se consignan el período intercensal, la población inicial y final de árboles registrados en las parcelas permanentes y el autor correspondiente.

En el distrito de Chanchamayo, Buttgenbach (2013) realizó un monitoreo a lo largo de seis años, observando un incremento en la población arbórea de 510 a 545 individuos. Por su

parte, Giacomotti (2016) reportó, en un periodo de 3,7 años, un aumento de 512 a 536 individuos. En la provincia de Satipo, los resultados fueron variables: Perales (2017) registró una leve disminución en la población, de 698 a 695 individuos durante un periodo de cinco años, mientras que Ortiz (2017) documentó un incremento de 775 a 781 individuos en ocho años de evaluación.

Estos resultados reflejan que la dinámica poblacional de los bosques premontanos puede diferir entre localidades y períodos, posiblemente debido a factores ambientales, diferencias en el manejo y procesos ecológicos inherentes a cada ecosistema. El monitoreo periódico a través de parcelas permanentes permite obtener información precisa sobre los cambios en la composición y estructura de estos bosques, constituyéndose en una herramienta fundamental para la planificación de estrategias de conservación y manejo sostenible.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y características del sitio

El estudio se llevó a cabo en una parcela permanente de monitoreo (PPM - IV) establecida dentro del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). Las características principales del sitio de investigación son:

3.1.1. Dimensiones y topografía

La parcela abarca una hectárea (100 x 100 metros); está situada en una zona de colina alta a 875 m.s.n.m., lo que sugiere un terreno elevado y relativamente accidentado con gradientes que superan el 25% susceptibles a la erosión por su paisaje colinoso (Puerta, 2007).

3.1.2. Ubicación geográfica y coordenadas Datum WGS 84, UTM/UPS

Se encuentra en la margen derecha del río Huallaga, pertenece al distrito de Rupa Rupa, en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú y su coordenada UTM (este: 391560; norte: 8970320).

3.1.3. Características del BRUNAS

El bosque reservado cubre un área total de 217,22 hectáreas y representa un ecosistema típico de selva alta, caracterizado por su rica biodiversidad y estructura compleja (Soto, 2018).

3.1.4. Tipo de vegetación

La cobertura vegetal es representativa de los bosques de selva alta, esto implica una gran diversidad de especies arbóreas, epífitas, y sotobosque, adaptadas a condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas, caracterizándose un bosque muy húmedo Premontano Subtropical (bmh - PST) (INRENA, 1994).

Según Rodríguez (2000) afirma que en el lugar de estudio se pudo evidenciar algunas especies notables como: *Senefeldera inclinata* “Huangana caspi”, *Hevea brasiliensis* “siringa”, *Psychotria caerulea* “cicotria”, *Jacaranda copia* “huamansamana”, *Pouteria caimito* “caimito”, *Cecropia sciadophylla*, entre otras.

3.1.5. Importancia ecológica

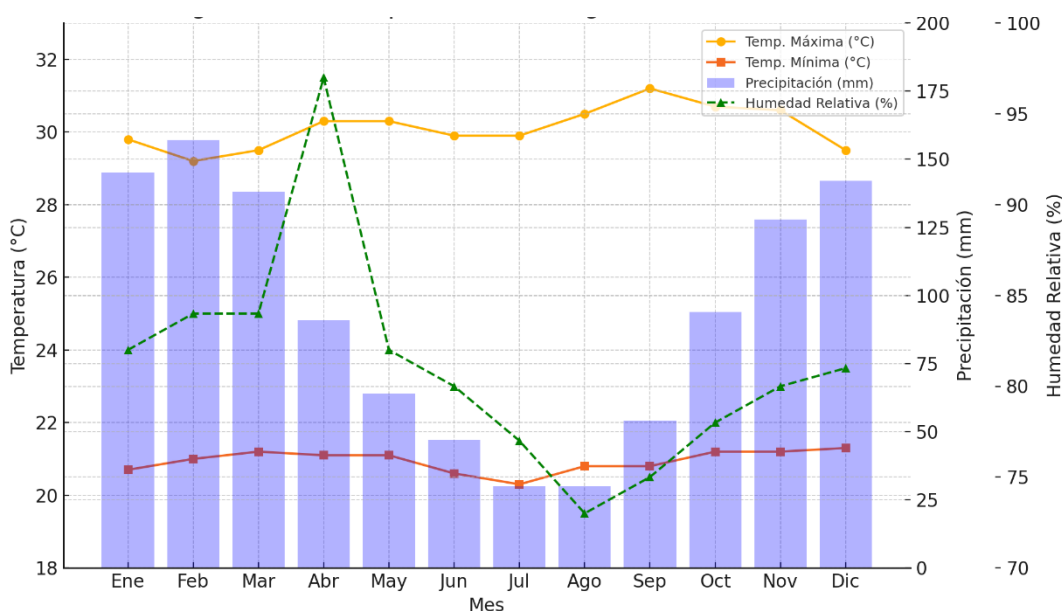
Como parte de un bosque reservado universitario, el área tiene un valor significativo para la investigación y conservación y proporciona un laboratorio natural para el estudio de la dinámica forestal y la biodiversidad de la selva alta peruana.

3.1.6. Contexto climático

El Climograma presentado en la figura 2 evidencia que Tingo María mantiene un régimen térmico estable, con temperaturas máximas que oscilan entre 29°C y 31°C y mínimas entre 20°C y 21°C durante todo el año. La humedad relativa permanece elevada, con valores promedio mensuales entre 73% y 97%, lo cual contribuye a la persistencia de un ambiente húmedo propio de los bosques tropicales.

En cuanto a la precipitación, se observa una clara diferenciación entre la temporada de lluvias y la temporada seca. Los meses de enero a marzo y de noviembre a diciembre concentran la mayor cantidad de precipitaciones, superando los 130mm mensuales, mientras que los meses de junio a agosto presentan los valores más bajos, con precipitaciones por debajo de los 50mm. Esta estacionalidad influye directamente en la dinámica ecológica del bosque, afectando los procesos de regeneración, crecimiento y composición de especies.

En conjunto, estas condiciones climáticas han permanecido relativamente constantes entre 2015 y 2023, lo que proporciona un contexto adecuado para comparar datos de parcelas permanentes sin grandes sesgos climáticos interanuales. La información gráfica y numérica respalda la validez de los estudios longitudinales sobre estructura y dinámica forestal en la región.



Elaboración propia a partir de datos de Climas y Viajes (s. f.), Weatherspark (s. f.) y Castillo (2015).

Figura 2. Climograma mensual promedio de Tingo María (2015-2023).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales de campo

Material cartográfico: Mapa fisiográfico escala 1:8000 para determinar el tipo de colina; wincha de 25 m para el dimensionamiento de las parcelas, cuerda de piola (separación de las subparcelas), tubos PVC para los vértices de las subparcelas, cinta métrica de nylon (evaluación de diámetros), pintura, placas de aluminio para la codificación de los individuos (árboles), cinta flagging, brújula suunto, y clavos de aluminio.

3.2.2. Equipos

GPS MAP 62s Garmin, Nikon cámara digital Coolpix P900 16MP, Brújula suunto, y equipo de cómputo.

3.3. Metodología

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis comparativo utilizando como referencia la tesis de Quispe, D. P. (2016), titulada “Análisis comparativo de la diversidad en bosque de colina baja y colina alta en Tingo María – Perú”. En dicho estudio se recopilieron y analizaron datos correspondientes al año 2015 sobre la diversidad y estructura de bosques en la región de Tingo María. Para la presente investigación, estos datos iniciales fueron utilizados como línea base, permitiendo realizar una comparación detallada después de un período de ocho años. De esta manera, se evaluó la evolución en la composición y estructura forestal en las mismas parcelas, siguiendo la metodología de parcelas permanentes de medición, lo que posibilita identificar cambios y tendencias en la dinámica forestal a lo largo del tiempo

3.3.1. Selección del sitio de estudio

El reconocimiento preliminar, se efectuó mediante visitas al bosque, teniendo en cuenta la ubicación de la parcela según las unidades fisiográficas en bosque de colina alta PPM - 4.

3.3.2. Categorías a evaluar

Para evaluar las categorías se siguió el método propuesto por Camacho (2000) y Manta (1998).

Tabla 4. Categorías de árboles a evaluar y tamaño de muestra

Diámetro evaluado	Categorías	Dimensiones de individuo	Tamaño (m)	Nº unidades
$\geq 10\text{cm}$	Fustal	$\geq 10\text{cm}$ y $\leq 39,9\text{cm}$ de POM	20 x 20	25
	Árbol maduro	$\geq 40\text{cm}$ de POM		

Fuente: Camacho (2000) y Manta (1998)

3.3.3. Diseño e instalación de la parcela permanente de monitoreo

Se arregló la parcela permanente de monitoreo (PPM); en bosque de colina alta. Para eso en primer lugar, se ubicó el jalón (vértice principal) el cual estuvo marcada en la parte superior con una cinta flagging, a la que se le determinó punto 00. Las parcelas fueron delimitadas siguiendo los puntos (vértices) y los puntos de intersección de las sub parcelas, dividiendo cada línea con tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, con el apoyo de una brújula y cuerda de piola, se reestableció la parcela permanente de 1ha (100 x 100m). Se subdividió en 25 sub parcelas de 400m^2 (20 x 20m), se midieron los individuos mayores o iguales a 10cm del punto óptimo de medición (POM). Sobre el POM fueron etiquetados con placas de aluminio y marcadas con un código numérico.

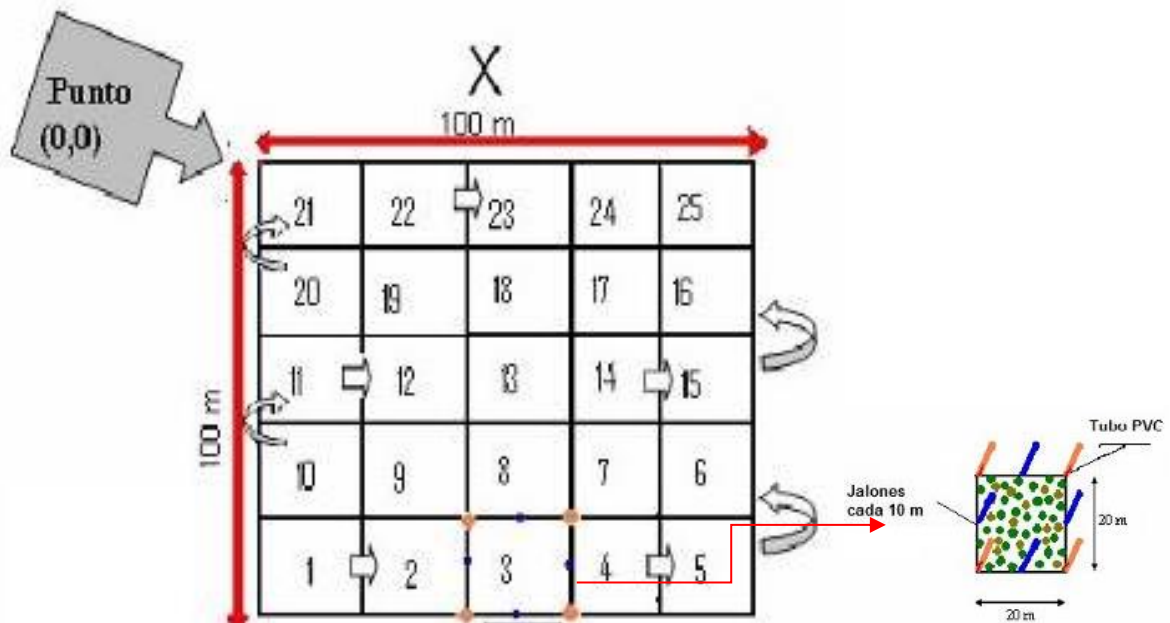


Figura 3. Diseño de la parcela permanente de monitoreo para la obtención de datos.

El arreglo de la delimitación de la parcela permanente en estudio para el monitoreo, se estableció siguiendo el protocolo de la red amazónica de inventarios forestales.

De acuerdo a este método se tomaron en cuenta todos los individuos superiores o iguales a 10cm de POM (RAINFOR 2009).

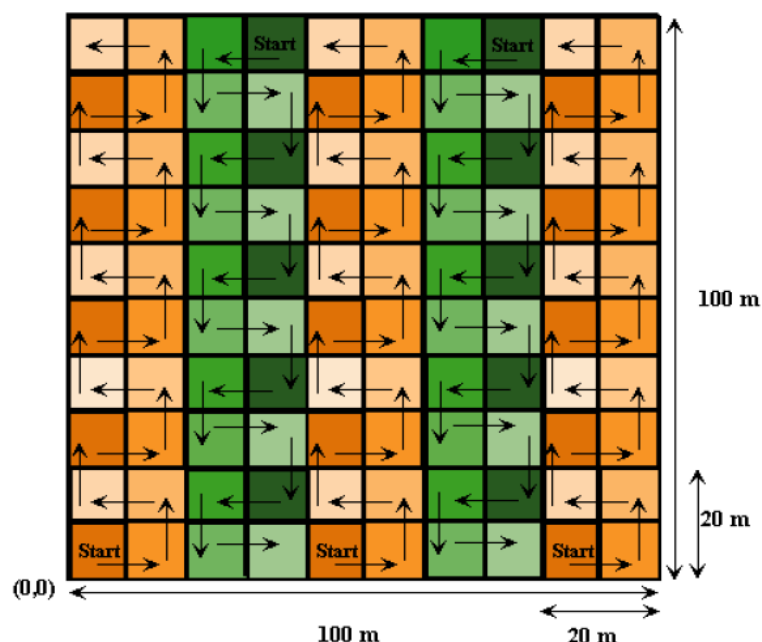


Figura 4. Disposición y recorrido correcto en una parcela permanente

3.3.4. Registro de datos dentro la PPM

Para el registro de datos, cada subparcela de 20x20 metros fue tratada como un plano cartesiano, permitiendo ubicar la posición de los árboles mediante coordenadas X y Y. Se utilizó un formato establecido para registrar la información de cada árbol, según se detalla en el anexo. Cada árbol fue marcado con una placa de aluminio de 6x2 cm, numerada correlativamente. Estas placas se colocaron aproximadamente a 20 cm por encima del punto óptimo de medición (POM).

Después de delimitar la parcela principal en 25 subparcelas de 20x20 metros, se midió el diámetro de todos los árboles con un POM igual o superior a 10 cm. El diámetro se midió en el punto óptimo de medición, estandarizado a 1,30 metros sobre el nivel del suelo, utilizando una cinta métrica. Para garantizar que las mediciones futuras se realicen en el mismo lugar, se utilizó pintura fosforescente en los árboles durante esta actividad inicial de registro.

Esta metodología sistemática de marcado, ubicación por coordenadas y medición estandarizada del diámetro en el POM, permitirá realizar un seguimiento preciso de

los cambios en el crecimiento y la dinámica forestal en las evaluaciones posteriores de la parcela.

3.3.5. Identificación taxonómica

Los árboles reclutas fueron identificados en el mismo lugar. Con el apoyo de especialistas botánicos.

Teniendo en cuenta la identificación de los nuevos reclutas, se obtuvo una base de datos y una lista de las especies arbóreas ubicadas en la parcela permanente de monitoreo.

3.4. Diseño de investigación

Este estudio se enmarca en un diseño de investigación no experimental y descriptivo. Se caracteriza por ser sistemático y empírico, donde las variables independientes no son manipuladas por el investigador, ya que los fenómenos estudiados han ocurrido de forma natural (Hernández et al. 2003).

3.4.1. Muestreo estratificado al azar

Se utilizó un muestreo estratificado, técnica recomendada para zonas extensas y heterogéneas. Esto implicó subdividir el área en unidades o estratos. Esta estratificación permite disminuir la variabilidad de los datos en comparación con un muestreo sin estratificar en toda el área heterogénea.

El área de muestreo comprendió una parcela de 1 hectárea. La unidad de muestreo fueron los árboles con un punto óptimo de medición (POM) igual o superior a 10 cm de diámetro. El estrato correspondió a PPM-IV.

Se empleó un diseño de parcela permanente de monitoreo (PPM), que es un método estándar para instalar y evaluar una parcela de una hectárea de superficie. Este método implicó inventariar todos los árboles que cumplan con el criterio de $POM \geq 10$ cm. La implementación de este diseño de PPM ayudo a observar después de ocho años la dinámica forestal a través de la última evaluación en la misma parcela permanente.

3.4.2. Variables de respuesta

En primer lugar, los datos de campo obtenidos en el estudio presente se presentan en los Anexos y se verifica según los objetivos específicos con los datos obtenidas en la medición realizada en el año 2015.

3.4.2.1. Curva área – especie

La curva de acumulación de especies, también conocida como curva área-especie, es una herramienta gráfica fundamental en el análisis de la biodiversidad. Esta representación visual cumplió dos funciones principales:

- Evaluar la representatividad del muestreo realizado.
- Ilustrar la riqueza de especies en el área estudiada.

Asimismo, para determinar el incremento porcentual del número de especies para cada año fue utilizando la siguiente formula:

$$\text{Incremento porcentual} = \frac{N. \text{ especies actual} - N. \text{ especies anterior}}{N. \text{ especies anterior}} \times 100$$

3.4.2.2. Composición florística por familia y especie

La abundancia es un concepto clave que permitió cuantificar la presencia de una especie o familia en un área determinada. Se expresó comúnmente como el número de individuos por unidad de superficie. Otras variables relacionadas que también reflejan la abundancia incluyen la densidad, que representó el número de individuos presentes en un área específica.

$$Ar = [Ai / \sum A] \times 100$$

Donde:

Ar = Abundancia relativa de la especie.

Ai = Número de individuos por unidad de área de la especie.

$\sum A$ = Sumatoria total de individuos en la parcela

3.4.2.3. Mortalidad y reclutamiento por familia y especie

Los datos fueron evaluados siguiendo las directrices del manual de RAINFOR, lo que reveló problemas como la “mortalidad” y los “reclutas” durante el procesamiento de datos. Las bases de datos de ambos se compararon para determinar las tasas de mortalidad, reclutamiento y crecimiento (Buttgenbach et al., 2013).

La tasa de mortalidad se calculó con la fórmula de tasa anual de repoblación (Phillips et al. 1994., Nebel et al., 2000), según la siguiente fórmula:

$$m = \left(\frac{\ln \left(\frac{N_o}{N_s} \right)}{t} \right) \times 100$$

Donde:

m = Tasa anual de mortalidad en %

ln = Logaritmo neperiano

No = Número de individuos inicialmente inventariados

Ns = Número de individuos sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo de tiempo

Ns = No – Nm

Nm = Número de individuos muertos durante el intervalo de tiempo

t = Intervalo de “t” de tiempo en años

La tasa de reclutamiento se calculó utilizando la fórmula de tasa anual de repoblación descrita por Phillips et al. (1994) y Nebel et al. (2000), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$r = \left(\frac{\ln \left(\frac{N_f}{N_s} \right)}{t} \right) \times 100$$

Donde:

r = Tasa anual de reclutamiento en %

ln = Logaritmo neperiano

Nf = Número de individuos al final del inventario

Ns = Número de individuos inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior

t = Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios

3.4.2.4. Tasa de incremento del área basal por familia y especie

Phillips et al. (1994); Nebel et al. (2000) mencionan que para

calcular la tasa de incremento del área basal se usó la fórmula siguiente:

$$C = \left(\frac{AB \text{ final}}{AB \text{ inicial}} \right)^{1/t} - 1) \times 100$$

Donde:

C = Tasa anual de crecimiento para el área basal en %

AB final = sumatoria de área basal final

AB inicial = sumatoria de área basal inicial

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Curva - área especie y composición florística por familia y especie

4.1.1. Curva área especie

El análisis de la tabla siguiente se puede observar que, a pesar del período intercensal de 8 años, las especies más comunes se mantienen presentes en las subparcelas 1 a 7, las cuales cubren un área total de 400 m² a 2800 m². Además, se observa un incremento significativo en el número de especies, lo que indica que la diversidad biológica está concentrada principalmente en estas siete subparcelas (Tabla 5).

Tabla 5. Datos para elaborar la curva área – especie en un periodo intercensal de 8 años

Sub-p	Área (m ²)	Nº de Especies PPM – 4 2015	Nº de Especies PPM – 4 2023	Incremento de Especies (%) PPM – 4 2015	Incremento de Especies (%) PPM - 4 2023
1	400	12	12	-	-
2	800	22	21	83,33	75,00
3	1 200	30	29	36,36	38,10
4	1 600	40	38	33,33	31,03
5	2 000	46	44	15,00	15,79
6	2 400	53	52	15,22	18,18
7	2 800	61	60	15,09	15,38
8	3 200	66	65	8,20	8,33
9	3 600	72	71	9,09	9,23
10	4 000	78	77	8,33	8,45
11	4 400	79	77	1,28	0,00
12	4 800	83	80	5,06	3,90
13	5 200	87	85	4,82	6,25
14	5 600	88	86	1,15	1,18
15	6 000	91	89	3,41	3,49
16	6 400	97	95	6,59	6,74
17	6 800	98	96	1,03	1,05
18	7 200	101	98	3,06	2,08
19	7 600	104	101	2,97	3,06
20	8 000	105	102	0,96	0,99
21	8 400	106	104	0,95	1,96
22	8 800	108	106	1,89	1,92
23	9 200	111	109	2,78	2,83
24	9 600	114	113	2,70	3,67
25	10 000	117	116	2,63	2,65

Asimismo, se puede observar que durante el período intercensal en la PPM-4, la curva no se estabiliza; el número de especies aumenta a medida que se incrementa el área de muestreo. Esto indica que las parcelas son heterogéneas, con un equilibrio en diferentes subparcelas que no se concreta, y la curva no llega a estabilizarse por completo (ver Figura 4).

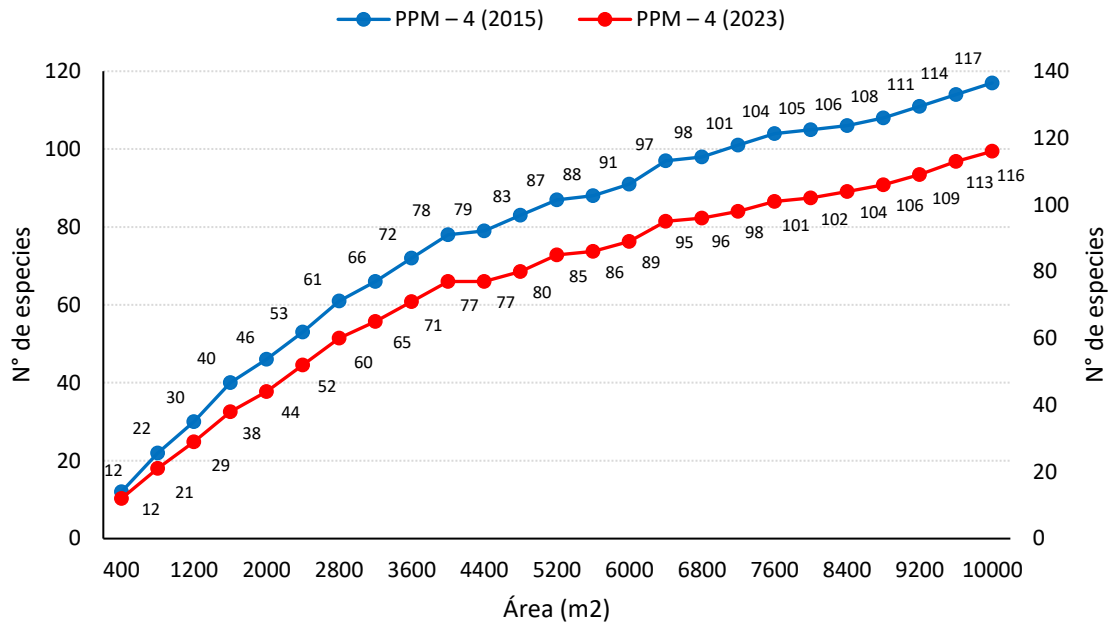


Figura 5. Relación área-especie en ambas parcelas del Bosque Reservado de la UNAS.

La parcela evaluada presenta una diversidad muy alta; sin embargo, la curva continúa de forma asintótica y, a partir de la séptima subparcela, el incremento en especies es menor del 10%. La Figura 5 ilustra el comportamiento de los individuos según su distribución diamétrica presentes en la parcela de estudio. La curva muestra que la primera clase diamétrica tiene un menor número de individuos.

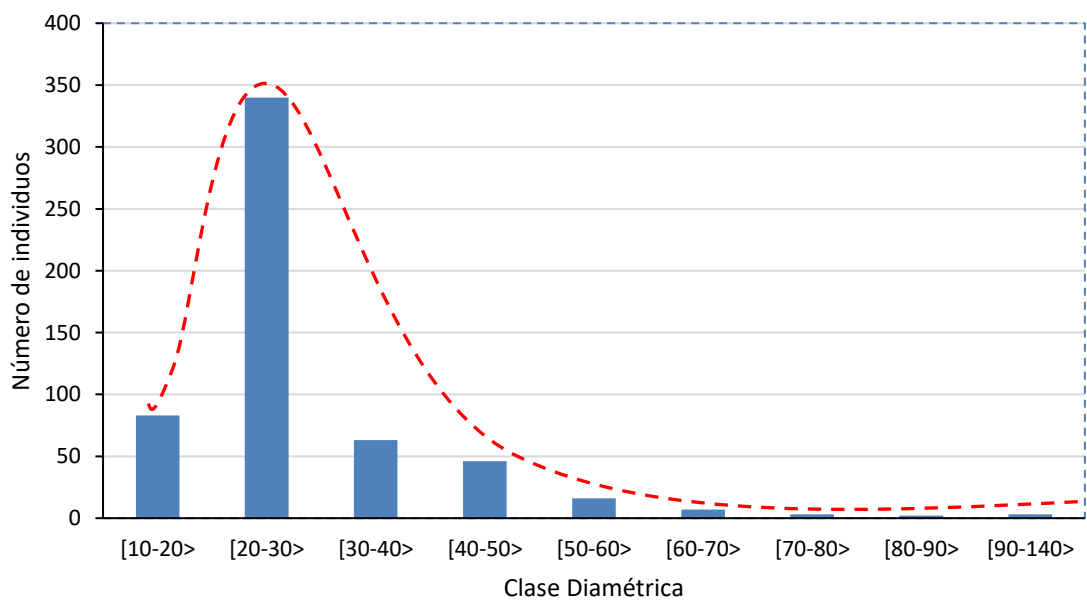


Figura 6. Distribución diamétrica de la parcela

Según Young (1998) al examinar la curva de distribución diamétrica de la parcela en estudio y compararla con los modelos propuestos por el autor en la figura 1, se observa una similitud notable con la curva tipo IV. Esta semejanza sugiere que la población arbórea en la parcela estudiada está experimentando un bajo nivel de reclutamiento y muestra una propensión a la reducción en número. Esta interpretación plantea interrogantes sobre la dinámica actual del bosque y sus perspectivas futuras de regeneración y mantenimiento.

4.1.2. Composición florística por familia y especie

En su primera evaluación hace 8 años la parcela de estudio contaba con un total de 552 árboles con un DAP de 10 cm o más, distribuidos en 36 familias y 117 especies. Las seis familias más abundantes, ordenadas de mayor a menor, fueron: *Euphorbiaceae*, *Urticaceae*, *Moraceae*, *Rubiaceae*, *Myristicaceae* y *Burseraceae*. Las especies más abundantes, en orden decreciente, fueron: *Senefeldera inclinata*, *Pourouma minor*, *Otoba parvifolia*, *Cecropia sciadophylla*, *Schizocalyx peruvianus* y *Dacryodes nitens* (Quispe, 2016).

Para la segunda evaluación se pudo registrar 563 individuos. Como se puede observar en la tabla 14, no se encontraron ninguna especie botánicas ni familias diferentes durante el periodo intercensal, al contrario, ya no se pudo presencia la especie *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) Las familias más abundantes continuaron siendo las mismas según, en orden descendente. Las especies más abundantes son, también en orden descendente, *Senefeldera inclinata*, *Pourouma minor*, *Otoba parvifolia*, *Schizocalyx peruvianus*, *Cecropia sciadophylla*, y *Tapirira guianensis*. (Tabla 6).

En el intervalo de 8 años entre las dos evaluaciones, la composición de la parcela mostró una notable constancia. Como se indicó previamente, el número de familias permaneció sin cambios, mientras que el número de especies experimentó una leve disminución de una unidad. Esta observación apunta hacia una relativa estabilidad en el ecosistema forestal bajo estudio, con alteraciones mínimas en su estructura.

En lo que respecta a las familias más representativas, se mantiene la misma configuración, aunque se observa un intercambio en el orden de abundancia entre *Euphorbiaceae* y *Urticaceae*. Este cambio sutil sugiere pequeñas fluctuaciones en la dinámica poblacional de estas familias, sin alterar significativamente la composición general del bosque.

En cuanto a las especies más abundantes, el panorama general se mantiene similar al período anterior. Sin embargo, es notable la incorporación de dos nuevas especies entre las más representativas: *Miconia barbeyana* y *Virola elongata*. Esta adición podría indicar cambios sutiles en las condiciones microambientales o en la dinámica de competencia entre especies, permitiendo que estas dos ganen prominencia en la comunidad arbórea.

En conjunto, estos datos reflejan un bosque que, si bien experimenta algunos cambios menores, mantiene en gran medida su estructura y composición a lo largo del tiempo, sugiriendo una cierta resiliencia del ecosistema frente a las perturbaciones naturales o antropogénicas durante el período de estudio.

En la Tabla 6 se puede apreciar el balance entre el número inicial y final de individuos en este estudio es comparable al de los estudios mencionados en la Tabla 3, lo que podría indicar un cambio poco significativo en la composición y diversidad de la parcela.

Tabla 6. Características de la diversidad en la población inicial y final

Parcelas permanentes de muestreo (PPM)	PPM - 4 (2015)	PPM - 4 (2023)
Altitud	875	
Coordenadas UTM	E: 391054	E: 391560
	N: 8970740	N: 8970320
Nº de individuos	552	563
Nº de familias	38	38
Nº de especies	117	116
POM promedio (cm)	22,76	27,33
POM máximo (cm)	127,42	131,30
Área basal (m ²)	30,28	40,53

4.2. Mortalidad y reclutamiento por subparcela, familia y especie

4.2.1. Mortalidad y reclutamiento por subparcelas

Como se muestra en la Tabla 7, en la primera medición se evaluaron un total de 552 individuos, de los cuales solo 522 árboles permanecieron en pie con el paso del tiempo, la tabla muestra un bosque en crecimiento lento, con tasas de reclutamiento ligeramente superiores a las de mortalidad, lo que resulta en un aumento neto de la población de árboles durante el período de estudio. Asimismo, Existe una considerable variación entre

sub-parcelas en términos de mortalidad y reclutamiento, lo que sugiere heterogeneidad en las condiciones locales o en la composición de especies.

Tabla 7. Tasa de mortalidad y reclutamiento por subparcelas

Sub-P	Individuos 2015 (No)	Muertos (Nm)	Sobrevivientes (Ns)	Reclutas (Nr)	Individuos 2023 (Nf)	Tasa de mortalidad anual (%)	Tasa de reclutamiento anual (%)
1	14	0	14	1	15	0,00	0,86
2	21	1	20	2	22	0,61	1,19
3	27	1	26	2	28	0,47	0,93
4	23	1	22	0	22	0,56	0,00
5	19	3	16	1	17	2,15	0,76
6	24	0	24	0	24	0,00	0,00
7	25	1	24	3	27	0,51	1,47
8	18	1	17	0	17	0,71	0,00
9	19	1	18	1	19	0,68	0,68
10	21	1	20	1	21	0,61	0,61
11	19	2	17	2	19	1,39	1,39
12	18	1	17	2	19	0,71	1,39
13	24	0	24	2	26	0,00	1,00
14	30	0	30	2	32	0,00	0,81
15	18	2	16	1	17	1,47	0,76
16	35	5	30	1	31	1,93	0,41
17	25	1	24	3	27	0,51	1,47
18	17	2	15	2	17	1,56	1,56
19	19	2	17	4	21	1,39	2,64
20	15	1	14	2	16	0,86	1,67
21	28	2	26	0	26	0,93	0,00
22	25	2	23	4	27	1,04	2,00
23	23	0	23	0	23	0,00	0,00
24	24	0	24	2	26	0,00	1,00
25	21	0	21	3	24	0,00	1,67
Total	552	30	522	41	563	0,72	0,97

a. Mortalidad

A lo largo de los 8 años que transcurrieron entre las mediciones, se observó la mortalidad de 30 individuos, y la tasa anual de mortalidad calculada en este estudio fue del 0,72%. (Ver tabla 7). La cantidad de individuos muertos varía entre 0 y 5 por subparcela, con un promedio de 1,2 árboles muertos. Las subparcelas con mayor número de árboles muertos son la 5 y la 16, con 3 y 5 individuos respectivamente. Las subparcelas que no tuvieron árboles muertos son la 1, 6, 13, 14 y del 23 al 15.

Según Lugo y Scatena (1996), la tasa anual de mortalidad obtenida en este estudio se considera una mortalidad de trasfondo, ya que es menor al 5%. En términos espaciales, se encuentra entre la mortalidad local y, en términos temporales, es una mortalidad gradual. Todas las tasas anuales de mortalidad de las subparcelas corresponden a una mortalidad de trasfondo, y los mismos autores indican que no existiría una mortalidad catastrófica al ser menor al 5%.

Esto implica que, espacialmente, no se trata de una mortalidad masiva y, temporalmente, no hay una mortalidad súbita. Por el contrario, la tasa de mortalidad observada es similar a la de otros estudios en bosques del mismo tipo.

Por ejemplo, en esta parcela, la tasa anual de mortalidad se encuentra dentro del rango y más cerca del valor máximo encontrado en estudios similares, como el de Swaine et al. (1987), que reporta un rango entre 0,46% y 2,87%. Un rango similar se observa en el estudio de Lewis et al. (2004), con valores entre 0,37% y 3,97%. El promedio de la tasa anual de mortalidad hallado en el presente estudio es comparable al obtenido por Londoño y Jiménez (1999) para un bosque húmedo tropical en Colombia, con valores entre 0,63% y 0,96%, siendo muy similar a los resultados de esta investigación.

b. Reclutamiento

Durante el período intercensal se reclutaron 41 individuos, obteniéndose en el año 2023 una tasa de reclutamiento del 0,97%. (Ver tabla 7).

La cantidad de individuos reclutas varía entre 0 y 4 por subparcela, con un promedio de 1,64 árboles reclutas. Las subparcelas con mayor número de árboles reclutas son la 19 y la 22, con 4 individuos cada una, mientras que la subparcela 5 no presenta ningún recluta.

Podemos mencionar que lo reportado en el estudio sobre la tasa anual de reclutamiento se encuentra dentro del rango obtenido en otros estudios similares, como por ejemplo el de Phillips et al. (1994), quienes muestran un rango de 0,8% a 2,8%. Finalmente, en la investigación hecha por Aguilar y Reynel (2009) se muestra un rango promedio de 1,07% en un bosque montano, muy similar a los resultados de esta investigación.

4.2.2. Mortalidad y reclutamiento por familia

Se puede apreciar en la Tabla 8 la tasa anual de mortalidad y reclutamiento de las familias que más abundan en la parcela de estudio. Estos datos son clave para tener un mejor entendimiento sobre la dinámica poblacional y la estructura del bosque, ya que reflejan:

- La tasa de mortalidad, que indica la proporción de individuos que mueren anualmente.
- La tasa de reclutamiento, que muestra la proporción de individuos nuevos que se incorporan a la población cada año.

Estos indicadores permiten evaluar la estabilidad y regeneración del ecosistema, así como identificar posibles cambios en la composición florística a lo largo del tiempo.

Tabla 8. Tasa de mortalidad y reclutamiento de las familias más abundantes

Familia	Individuos 2015 (No)	Muertos (Nm)	Sobrevivientes (Ns)	Reclutas (Nr)	Individuos 2023 (Nf)	Tasa de mortalidad anual (%)	Tasa de reclutamiento anual (%)
Euphorbiaceae	177	9	168	21	189	0,65	1,47
Urticaceae	53	3	50	3	53	0,73	0,73
Moraceae	45	6	39	3	42	1,79	0,93
Myristicaceae	35	1	34	2	36	0,36	0,71
Rubiaceae	35	1	34	5	39	0,36	1,72
Burseraceae	33	1	32	3	35	0,38	1,12
Fabaceae	32	0	32	1	33	0,00	0,38
Malvaceae	19	1	18	2	20	0,68	1,32
Anacardiaceae	14	0	14	0	14	0,00	0,00
Calophyllaceae	10	2	8	0	8	2,79	0,00
Sapotaceae	10	1	9	0	9	1,32	0,00
Annonaceae	8	0	8	0	8	0,00	0,00
Clusiaceae	8	1	7	0	7	1,67	0,00
Lauraceae	8	0	8	0	8	0,00	0,00
Nyctaginaceae	7	2	5	0	5	4,21	0,00
Salicaceae	7	0	7	0	7	0,00	0,00
Vochysaceae	6	0	6	0	6	0,00	0,00
Lecythidaceae	5	0	5	0	5	0,00	0,00
Melastomataceae	5	0	5	0	5	0,00	0,00
Siparunaceae	4	2	2	0	2	8,66	0,00

a. Mortalidad

De las 20 familias más abundantes en la parcela de estudio, Euphorbiaceae destaca por tener el mayor número de árboles muertos, así como el mayor número de individuos evaluados. Sin embargo, las familias con las tasas anuales de mortalidad más altas son: Siparunaceae, con una tasa del 8,66% y Nyctaginaceae, con una tasa del 4,21%.

Estos resultados reflejan diferencias significativas en la dinámica de mortalidad entre las familias, lo que puede estar relacionado con factores como la susceptibilidad a disturbios, enfermedades o condiciones ambientales específicas. Para más detalles, se puede consultar la Tabla 8.

b. Reclutamiento

Euphorbiaceae y Rubiaceae son las familias que presentan el mayor número de individuos reclutas en la parcela de estudio. En particular, Rubiaceae destaca con una tasa anual de reclutamiento del 1,72%, la más alta entre las familias analizadas (ver Tabla 8).

La composición de las familias de reclutas sugiere que el bosque está evolucionando hacia una condición de bosque maduro. Esto se evidencia por el bajo porcentaje de individuos correspondientes a la familia Fabaceae, que es característica de etapas pioneras. Este

patrón indica una transición hacia una comunidad forestal más estable y diversa, típica de bosques en etapas avanzadas de sucesión.

4.2.3. Mortalidad y reclutamiento por especie

Tabla 9. Tasa de mortalidad y reclutamiento de las especies más abundantes

Especie	Individuos 2015 (No)	Muertos (Nm)	Sobrevivientes (Ns)	Reclutas (Nr)	Individuos 2023 (Nf)	Tasa de mortalidad anual (%)	Tasa de reclutamiento anual (%)
<i>Senefeldera inclinata</i>	154	7	147	0	147	0,58	0
<i>Pourouma minor</i>	25	0	25	0	25	0	0
<i>Otoba parvifolia</i>	17	0	17	0	17	0	0
<i>Cecropia sciadophylla</i>	15	1	14	0	14	0,86	0
<i>Schizocalyx peruvianus</i>	15	0	15	0	15	0	0
<i>Dacryodes nitens</i>	12	1	11	0	11	1,09	0
<i>Tapirira guianensis</i>	12	0	12	0	12	0	0
<i>Hevea guianensis</i>	11	2	9	2	11	2,51	2,51
<i>Psychotria levis</i>	11	1	10	0	10	1,19	0
<i>Theobroma subincanum</i>	11	1	10	0	10	1,19	0
<i>Pseudolmedia laevis</i>	10	1	9	0	9	1,32	0
<i>Marila tomentosa</i>	9	2	7	0	7	3,14	0
<i>Batocarpus orinocensis</i>	9	1	8	2	10	1,47	2,79
<i>Symphonia globulifera</i>	8	1	7	0	7	1,67	0
<i>Virola pavonis</i>	8	1	7	0	7	1,67	0
<i>Guatteria guentheri</i>	8	0	8	0	8	0	0
<i>Pterocarpus rohrii</i>	7	0	7	0	7	0	0
<i>Neea divaricata</i>	6	2	4	0	4	5,07	0
<i>Cecropia engleriana</i>	6	1	5	1	6	2,28	2,28
<i>Calycophyllum megistocaulum</i>	6	0	6	1	7	0	1,93

a. Mortalidad

De las 20 especies más abundantes en la parcela de estudio, *Senefeldera inclinata* es la que presenta el mayor número de árboles muertos, así como el mayor número de individuos evaluados. Por otro lado, la especie *Neea divaricata* destaca por tener la mayor tasa de mortalidad más alta (Ver tabla 9).

Estos datos reflejan diferencias significativas en la dinámica de mortalidad entre las especies, lo que podría estar relacionado con factores como su susceptibilidad a disturbios, enfermedades, condiciones ambientales específicas o su posición en el proceso de sucesión forestal. Estos resultados son clave para entender la estructura y evolución del bosque.

b. Reclutamiento

En cuanto a la incorporación de nuevos individuos, *Hevea guianensis* y *Batocarpus orinocensis* sobresalen con el mayor número de reclutas. Específicamente, *Batocarpus orinocensis* muestra una tasa anual de reclutamiento del 2,79%, seguida de cerca por *Hevea guianensis* con un 2,51%, siendo estas las más altas entre las especies estudiadas.

Es notable que *Senefeldera inclinata*, a pesar de ser una de las especies más abundantes en términos de población total, presenta un índice de reclutamiento inferior al de las dos especies previamente mencionadas. Este contraste sugiere diferencias significativas en las dinámicas de regeneración entre las especies analizadas.

4.3. Incremento del área basal por familia y especie

4.3.1. Crecimiento del área basal por subparcelas

La Tabla 10 ilustra el crecimiento anual y el porcentaje de aumento del área basal de los árboles que sobrevivieron durante el período de estudio. La investigación se inició con una medición inicial en 2015, que registró un área basal de 30,28 m². Ocho años más tarde, en 2023, se llevó a cabo una segunda medición que arrojó un resultado de 40,53 m².

Este cambio representa un aumento total de 10,25 m² en el área basal a lo largo del período de estudio. Traducido a términos anuales, esto equivale a un incremento de 1,28 m² por año. En términos porcentuales, la parcela estudiada exhibe una tasa de crecimiento anual del área basal del 3,71%. Estos datos proporcionan una visión clara del ritmo de crecimiento de la masa forestal en la zona de estudio, ofreciendo información valiosa sobre la dinámica de la vegetación en este ecosistema particular.

Tabla 10. Incremento y tasa anual de crecimiento del área basal por subparcelas

Sub-P	Área basal en el 2015 (m ²)	Área basal en el 2023(m ²)	Incremento de área basal (m ²)	Incremento medio anual (m ² /ha/año)	Tasa anual de crecimiento (%)
1	2,1993	2,554	0,35	0,04	1,89
2	1,0534	1,472	0,42	0,05	4,27
3	1,7488	2,316	0,57	0,07	3,58
4	1,0786	1,512	0,43	0,05	4,31
5	0,7566	0,998	0,24	0,03	3,52
6	1,0116	1,464	0,45	0,06	4,73
7	1,0788	1,595	0,52	0,06	5,01
8	1,6909	2,002	0,31	0,04	2,14
9	1,1324	1,496	0,36	0,05	3,55
10	0,7538	1,147	0,39	0,05	5,39
11	2,2269	2,547	0,32	0,04	1,70
12	0,7980	1,074	0,28	0,03	3,78
13	1,1528	1,700	0,55	0,07	4,97
14	1,5918	2,217	0,62	0,08	4,23
15	0,8364	1,164	0,33	0,04	4,22
16	1,3822	1,844	0,46	0,06	3,67
17	0,8173	1,264	0,45	0,06	5,60
18	0,6460	0,866	0,22	0,03	3,74
19	1,1879	1,519	0,33	0,04	3,12
20	0,4448	0,731	0,29	0,04	6,40
21	1,0353	1,509	0,47	0,06	4,83
22	0,9272	1,316	0,39	0,05	4,48
23	1,3702	1,843	0,47	0,06	3,78
24	2,2573	2,817	0,56	0,07	2,81
25	1,1061	1,565	0,46	0,06	4,44
Total	30,2845	40,534	10,25	1,28	3,71

En la Figura 6 se observa que la subparcela 20 presenta el mayor incremento medio anual, mientras que la subparcela 11 muestra el menor incremento.

Además, se nota que la distribución de las subparcelas con mayores incrementos medios anuales no sigue un patrón ordenado o espacialmente definido, lo que sugiere que los factores que influyen en el crecimiento (como la disponibilidad de recursos, condiciones microclimáticas o competencia entre especies) varían de manera heterogénea en el área de estudio. Esta variabilidad resalta la complejidad de la dinámica forestal y la importancia de considerar factores locales al analizar el crecimiento y desarrollo del bosque.

Asimismo, se puede observar que la mayoría de las subparcelas tienen tasas de crecimiento entre 3 y 5 %.

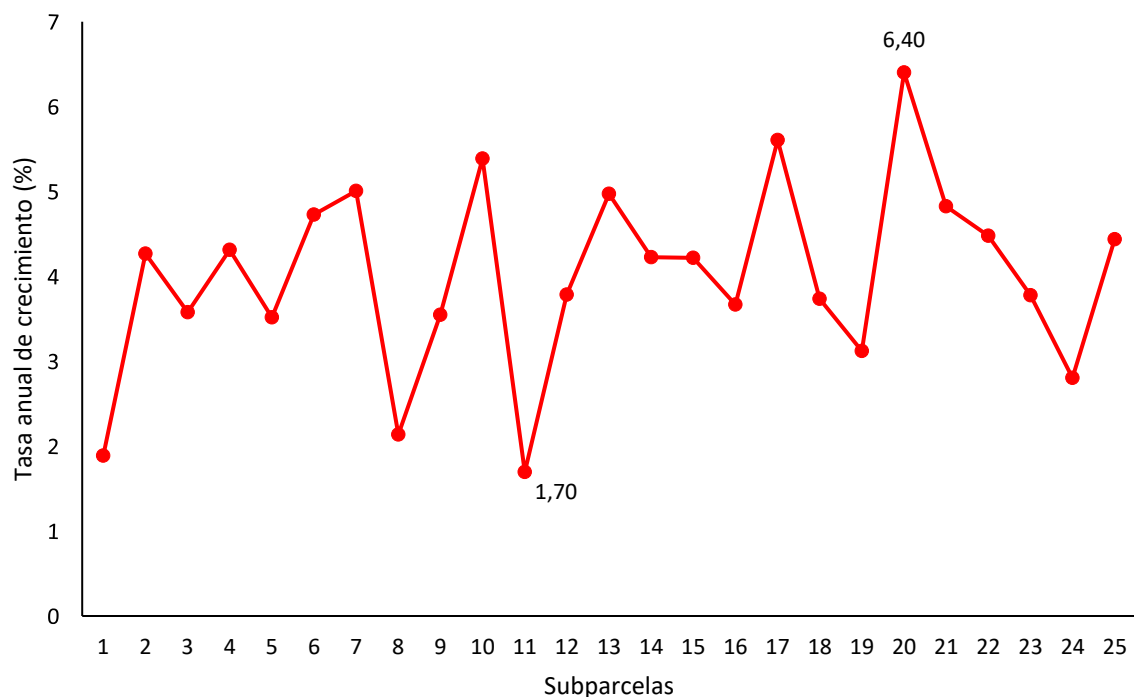


Figura 7. Incremento medio anual por subparcela

El aumento promedio anual observado se sitúa dentro del intervalo de 0,91 a 0,99 m²/año, concordando con lo reportado por Nebel et al. (2000). Este valor supera los hallazgos de Aguilar y Reynel (2009), Buttgenbach et al. (2013), Giacomotti (2016) y Perales (2017). En cuanto a la tasa anual de expansión del área basal, el resultado obtenido (3,71%) se alinea con el rango de 3,51% a 3,79% señalado por Nebel et al. (2000).

Es notable que la tasa de crecimiento registrada es inferior a la de 4,52% reportada por Ortiz (2017). Esta diferencia podría atribuirse a una menor cantidad de árboles reclutas en la parcela actual en comparación con el estudio de Ortiz. Estos resultados podrían estar relacionados con las características específicas del bosque amazónico peruano estudiado, que muestra una tendencia al incremento de su área basal. Además, es relevante considerar que la zona de estudio se encuentra a una altitud más baja y recibe mayor precipitación que las otras localizaciones mencionadas, factores que podrían influir en las tasas de crecimiento observadas.

4.3.2. Crecimiento del área basal de las familias más abundantes

La Tabla 11 presenta datos sobre el crecimiento de las familias de árboles más numerosas, mostrando tanto su incremento medio anual como la tasa anual de crecimiento del área basal. Entre estas familias, destacan por su mayor incremento medio anual: Euphorbiaceae (0,38 m²/ha/año), Urticaceae (0,13 m²/ha/año) y Myristicaceae (0,11 m²/ha/año). Sin embargo, al considerar la tasa anual de crecimiento, se observa un orden diferente. En este caso, Melastomataceae lidera con un 9,97%, seguida por Rubiaceae con 7,98% y Lecythidaceae con 6,92%.

En cuanto a la evolución del área basal total de las familias más abundantes, se registró un aumento significativo. En 2015, estas familias ocupaban un área basal de 28,2063 m². Para 2023, esta cifra había aumentado a 37,7635 m². Esto representa un incremento total de 9,56 m² en el área basal durante el período de estudio, lo que se traduce en un incremento medio anual de 3,71 m²/ha/año.

El aumento observado en el área basal es indicativo de un entorno rico en nutrientes, propicio para el desarrollo y expansión de los árboles. Las condiciones biofísicas del lugar parecen favorecer el crecimiento de los individuos, como se refleja en el incremento del área basal. Si bien este bosque no ha alcanzado aún un estado de madurez completa, su composición actual sugiere una progresión hacia esa etapa. La estructura y dinámica observadas apuntan a que el ecosistema está en proceso de evolución hacia un bosque maduro y estable.

Tabla 11. Incremento y tasa anual de crecimiento del área basal de las familias más abundantes

Familia	Área basal en el 2015 (m ²)	Área basal en el 2023(m ²)	Incremento de área basal (m ²)	Incremento medio anual (m ² /ha/año)	Tasa anual de crecimiento (%)
Euphorbiaceae	5,1307	8,1972	3,07	0,38	6,03
Urticaceae	3,7832	4,7992	1,02	0,13	3,02
Moraceae	2,1387	2,6333	0,49	0,06	2,63
Rubiaceae	0,9090	1,6806	0,77	0,10	7,98
Myristicaceae	3,4215	4,2734	0,85	0,11	2,82
Burseraceae	2,2465	2,9170	0,67	0,08	3,32
Fabaceae	4,2850	5,0397	0,75	0,09	2,05
Malvaceae	1,3699	1,7520	0,38	0,05	3,12
Anacardiaceae	0,7092	0,9925	0,28	0,04	4,29
Sapotaceae	0,3929	0,4676	0,07	0,01	2,20
Calophyllaceae	0,6512	0,7441	0,09	0,01	1,68
Clusiaceae	0,2126	0,3470	0,13	0,02	6,32
Lauraceae	0,2947	0,4604	0,17	0,02	5,73
Annonaceae	1,0466	1,2515	0,20	0,03	2,26
Salicaceae	0,3033	0,4287	0,13	0,02	4,42
Nyctaginaceae	0,3506	0,4493	0,10	0,01	3,15
Vochysaceae	0,6951	0,8356	0,14	0,02	2,33
Melastomataceae	0,0991	0,2119	0,11	0,01	9,97
Lecythidaceae	0,1226	0,2094	0,09	0,01	6,92
Siparunaceae	0,0439	0,0731	0,03	0,00	6,57
Total	28,2063	37,7635	9,56	1,19	3,71

4.3.3. Crecimiento del área basal de las especies más abundantes

La Tabla 12 presenta datos sobre el crecimiento de las especies arbóreas más numerosas, detallando tanto su incremento medio anual como la tasa anual de crecimiento del área basal. Entre estas especies, *Senefeldera inclinata* destaca por su mayor incremento medio anual (0,33 m²/ha/año), seguida por *Pouroma minor* (0,07 m²/ha/año). Sin embargo, al considerar la tasa anual de incremento, se observa un panorama diferente. En este aspecto, *Calycophyllum megistocaulum* lidera con un 12,44%, seguida de cerca por *Schizocalyx peruvianus* con un 11,49%.

En cuanto a la evolución del área basal total de las especies más abundantes, se registró un aumento significativo. En 2015, estas especies ocupaban un área basal de 17,1207 m². Para 2023, esta cifra había aumentado a 23,7237 m². Esto representa un incremento total de 6,60 m² en el área basal durante el período de estudio, lo que se traduce en un incremento medio anual de 0,83 m²/ha/año.

Tabla 12. Incremento y tasa anual de crecimiento del área basal de las especies más abundantes

Especie	Área basal en el 2015 (m ²)	Área basal en el 2023(m ²)	Incremento de área basal (m ²)	Incremento medio anual (m ² /ha/año)	Tasa anual de crecimiento (%)
<i>Senefeldera inclinata</i>	3,5648	6,1683	2,6035	0,33	7,09
<i>Pourouma minor</i>	2,0256	2,5729	0,5473	0,07	3,03
<i>Otoba parvifolia</i>	1,2104	1,6684	0,4580	0,06	4,09
<i>Schizocalyx peruvianus</i>	0,2591	0,6186	0,3595	0,04	11,49
<i>Cecropia sciadophylla</i>	1,0308	1,2833	0,2524	0,03	2,78
<i>Tapirira guianensis</i>	0,6612	0,9119	0,2507	0,03	4,10
<i>Theobroma subincanum</i>	0,3804	0,5652	0,1848	0,02	5,07
<i>Dacryodes nitens</i>	1,4278	1,6768	0,2490	0,03	2,03
<i>Hevea guianensis</i>	1,1048	1,3422	0,2374	0,03	2,46
<i>Psychotria levis</i>	0,2274	0,3917	0,1643	0,02	7,03
<i>Batocarpus orinocensis</i>	0,2668	0,3704	0,1036	0,01	4,19
<i>Pseudolmedia laevis</i>	0,6240	0,7135	0,0895	0,01	1,69
<i>Guatteria guentheri</i>	1,0466	1,2515	0,2050	0,03	2,26
<i>Calycophyllum megistocaulum</i>	0,0972	0,2485	0,1512	0,02	12,44
<i>Marila tomentosa</i>	0,4926	0,5568	0,0642	0,01	1,54
<i>Pterocarpus rohrii</i>	0,3731	0,5215	0,1484	0,02	4,27
<i>Symphonia globulifera</i>	0,2126	0,3470	0,1345	0,02	6,32
<i>Virola pavonis</i>	0,5895	0,7094	0,1199	0,01	2,34
<i>Cecropia engleriana</i>	0,1235	0,2096	0,0861	0,01	6,83
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	1,4025	1,5959	0,1935	0,02	1,63
Total	17,1207	23,7237	6,6030	0,83	4,16

V. CONCLUSIONES

- El bosque estudiado exhibe una notable estabilidad ecológica, con cambios mínimos en la composición y abundancia de especies. Esta estabilidad indica un ecosistema maduro y resiliente, capaz de mantener su estructura frente a perturbaciones moderadas. Tal equilibrio es crucial para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos.
- Los datos obtenidos en la relación curva área - especie, muestra que, entre las subparcelas 1-6 se registraron mayor porcentaje de incremento de especies superando el 10%, siendo las subparcelas restantes menos diversidad. La composición florística registró un total de 563 individuos, distribuidos 38 familias y 116 especies. Las familias más abundantes continuaron siendo las mismas. Las especies más abundantes son: *Senefeldera inclinata*, *Pourouma minor*, *Otoba parvifolia*, *Schizocalyx peruvianus*, *Cecropia sciadophylla*, y *Tapirira guianensis*.
- De las 20 familias y especies consideradas como las más abundantes, Euphorbiaceae obtuvo mayor mortalidad y mayor número de individuos evaluados. Las familias Siparunaceae y Nyctaginaceae presentaron mayor tasa anual de mortalidad, siendo la Rubiaceae y Euphorbiaceae las familias con mayor número de individuos reclutas. Asimismo, *Senefeldera inclinata* presentó mayor mortalidad y mayor número de individuos evaluados, la especie *Neea divaricata* presentó mayor tasa de mortalidad, *Hevea guianensis* y *Batocarpus orinocensis* presentaron mayor número de individuos reclutas. *Batocarpus orinocensis* y *Hevea guianensis* son las especies que presentan la mayor tasa anual de reclutamiento.
- Las familias más abundantes con mayor crecimiento medio anual son, Euphorbiaceae, Urticaceae y Myristicaceae. Las familias con mayor tasa anual de crecimiento no coinciden con las mencionadas líneas arriba, en primer lugar, está Melastomataceae seguido de Rubiaceae y Lecythidaceae. Asimismo, las especies con mayor crecimiento son *Senefeldera inclinata* y *Pourouma minor*, asimismo, las que presentan la mayor tasa anual de incremento son diferentes especies, *Calycophyllum megistocaulum* y *Schizocalyx peruvianus*.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Establecer un programa de monitoreo a largo plazo para seguir observando los cambios en la diversidad y la composición de especies. Esto permitirá detectar tendencias futuras y evaluar la efectividad de las medidas de conservación.
- Contribuir a la conservación de las especies que participan en la dinámica forestal de este bosque es esencial para asegurar su sostenibilidad a largo plazo, puesto que cumplen funciones clave dentro del ecosistema, manteniendo su estructura y facilitando procesos como la regeneración y el equilibrio de nutrientes.
- Implementar estrategias de conservación y manejo, para proteger la diversidad y funcionalidad de las especies, garantizando que el bosque pueda seguir brindando servicios ecológicos y manteniendo su resiliencia frente a posibles cambios en la dinámica forestal.

VII. REFERENCIAS

- Aguilar, M. (2008). *Evaluación de la Dinámica forestal en el bosque montano de la selva Pichita-APRODES en Chanchamayo, Selva Central del Perú*. (Tesis de maestría en Conservación de Recursos Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina). <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1162>
- Aguilar, M.; Reynel, C. (2011). *Dinámica forestal y regeneración en un bosque montano nublado de la selva central del Perú* (Localización Puyu Sacha, Valle de Chanchamayo, Dpto. De Junín, 2100 msnm) Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://www.aprodes.org/pdf/dinamica_bosque_montano.pdf
- Angulo, R. (2004). *Evaluación de bosques secundarios (purmas) de dos estadios sucesionales con la finalidad de determinar su potencial económico*. In: V Congreso Nacional Forestal, I Asamblea de Capítulos de Ingeniería Forestal. (1995 Lima, Perú). 1995 (Exposiciones y Resúmenes). Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Lima.
- Antón, D.; Reynel, C. (2004). *Relictos de bosques de excepcional diversidad en los Andes centrales del Perú*. Herbario Forestal de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Asquith, N. (2002). *La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. Ecología de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica, 377-406.
- Baker, T.; Swaine, M.; Burslem, D. (2003). Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6, 21-36.
- BOLFOR (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible). (2003). *Tasa de incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento con base en parcelas permanente instaladas en diferentes regiones de Bolivia*. Santa Cruz, Bolivia.
- Bokova, I. G. (2017). *A new roadmap for the Man and the Biosphere (MAB) Programme and its World Network of Biosphere Reserves*. UNESCO.
- Buttgenbach, H.; Vargas, C.; Reynel, C. (2013). *Dinámica forestal en un bosque premontano del Valle de Chanchamayo* (Dpto. de Junín, 1200 msnm). Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Camacho, M. (2000). *Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical*: “Guía para el establecimiento y medición” Turrialba, CR: CAME, 2000. Manual Técnico N° 42/CATIE.
- Cardona, G. (1989). *Evaluación del crecimiento y de la mortalidad en un bosque de guandal*. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín.
- Castillo, C. A. (2015). *Ecuaciones alométricas para estimar biomasa, carbono aéreo almacenado y dióxido de carbono capturado en pino chuncho (Schizolobium parahyba) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú* [Tesis de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Climas y Viajes. (s. f.). *Clima en Tingo María: temperatura, lluvia, cuándo ir*. Recuperado de https://www.climasyviajes.com/clima/peru/tingo_maria
- De La Quintana, DI. (2004). *Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en el bosque amazónico preandino del sector río Hondo*, área natural de manejo integrado Madidi. (Tesis en Licenciado). Universidad Mayor de San Andrés.
- Diéguez, A.; Barrio, M.; Castedo, F.; Ruíz, A.; Álvarez, M.; Álvarez, J. G. & Rojo, A. (2003). *Dendrometría*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Camacho, F (1947) *La acción oficial en el desarrollo agropecuario de la colonización de Tingo María (años 1942-1946)* Fuentes históricas del Perú, por Ministerio de Agricultura, Lima, Perú. https://fuenteshistoricasdelperu.com/2023/07/02/la-accion-oficial-en-el-desarrollo-agropecuario-de-la-colonizacion-de-tingo-maria-anos-1942-1946-inisterio-de-agricultura/?utm_source=chatgpt.com
- Gentry, AH. (1988). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 85,156-159.
- Giacomotti, J. (2016). Evaluación de la dinámica forestal en un área de bosque secundario tardío en el fundo La Génova, Chanchamayo (Tesis de pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina).
https://www.researchgate.net/publication/373165718_Evaluacion_de_la_dinamica_forestal_en_un_area_de_bosque_secundario_tardio_en_el_Fundo_La_Genova_Chanchamayo
- Gómez, C. (2010). *Instalación de parcelas permanentes de muestreo, PPM, en los bosques tropicales del Darién en Panamá*. Comarc Embera – Wounaan).

https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2890/technical/GU%C3%8DA%20PARA%20LA%20INSTALACI%C3%93N%20DE%20LAS%20PPM.pdf?v=170939999

5

- Gómez, D. (2000). Composición Florística en el Bosque Ribereño de la Cuenca Alta San Alberto, Oxapampa – Perú (Tesis de pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina). <http://catalogo.ibcperu.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7009>
- Guinea, H. (2004). *Caracterización del potencial de uso maderable y no maderable del bosque secundario de la zona de adyacencia del Parque Nacional Laguna Lachúa, Cobán Alta Verapaz y lineamientos generales de manejo forestal*. (En línea). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2157.pdf
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. Tercera edición. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. De C. V.
- INRENA (Instituto Nacional De Recursos Naturales, PE). (1994). Guía explicativa del Mapa Forestal 1995. INR-49-DGF.Lima, Perú.
- Imaña, J.; Encinas, O. (2008). *Epidometría forestal*. Departamento de engenharia florestal da Universidade de Brasília. http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf
- La Torre, M. (2003). Composición Florística y Diversidad en el Bosque Relicto Los Cedros de Pampa Hermosa (Chanchamayo, Junín) e Implicancias para su Conservación (Tesis de maestría en Conservación de Recursos Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina). <http://cdc.lamolina.edu.pe/Descargas/ANPs/ComposicionFloristicaPampaHermosa.html>
- Lewis, S. et al. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots.
- Lewis, S. L., Lopez-Gonzalez, G., Sonké, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T. R., Banin, L., ... Phillips, O. L. (2004). Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: Evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1443), 421-436. <https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1435>
- Londoño, C.; Jiménez, E. (1999). *Efecto del tiempo entre los censos sobre la estimación de las tasas anuales de mortalidad y de reclutamiento de árboles (periodos de 1, 4 y 5 años)*.

- Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Notas divulgativas diciembre. 14(1). Universidad Nacional de Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/113/11314103.pdf>
- Louman, B.; Quiroz, D.; Nilsson M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Lugo, A. & Scatela, F. (1996). Background and catastrophic tree mortality in tropical moist, Wet, and rain forests. *Biotropica*, 28(4), 585-599.
- Manta, M. (1998). Análisis silvicultural de dos tipos de bosque húmedo de bajura en la vertiente atlántica de Costa Rica (Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas y recursos Naturales, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4477/Analisis_silvicultural.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marcelo, J. (2009). Diversidad y composición florística de un relictos de bosque secundario tardío, Sector Santa Teresa, Río Negro, Satipo, Junín (Tesis de posgrado en Bosques y Gestión de los Recursos Naturales). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Marcos, C. (1996). Plan maestro para el establecimiento de un arboreto en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Tesis de pregrado en Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva). <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/735121dc-137e-4321-ba2a-61be4eab4021/content>
- Nebel, G.; Kvist, L.; Vanclay, J.; Vidaurre, H. (2000). Dinámica de bosques de la llanura aluvial inundable de la Amazonía Peruana. Efectos de las perturbaciones e implicancias para su manejo y conservación. *Folia amazónica*, 11(1-2). 65-97.
- Odum E.; Barrett G. (2007). *Fundamentos de Ecología*. Cengage Learning. Inglaterra.
- Phillips, O. L., Hall, P., Gentry, A. H., Sawyer, S. A., & Vásquez, R. (1994). Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(7), 2805–2809.
- Palacios, R. (2009). *Estudios de Bosques Montanos y Pre Montanos en la Selva Central del Perú*. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Manejo Forestal. <http://www.condesan.org/redbosques/sites/default/files/recursos/documentos/SPalacios.pdf>

- Perales, C. (2017). Dinámica forestal en un área de bosque húmedo premontano, Fundo Santa Teresa, distrito de Río Negro, Región Junín (Tesis de pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina).
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2611f998-7836-4f2e-82d0-b2eb45b96a03/content>
- Perea, JR. (2005). Composición y estructura de especies arbórea de un bosque montano, en el parque nacional Yanachaga Chemillen, Oxapampa, Paco, Perú. (Tesis en licenciatura). Universidad Nacional de la Amazonia Perunana.
- Phillips, O.; Baker, T.; Feldpausch, T.; Brien, R. (2009). *Manual de campo para remediación y establecimiento de parcelas*. RAINFOR.
- Phillips, O.; Hall, P.; Gentry, A.; Sawyer, S.; Vasquez, R. (1994). Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA Ecology*. (91), 2805-2809.
- Pinedo, G. (2000). *Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3006/Manual_para_el_establecimiento_de_parcelas_permanentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinnelo, (2000). *Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la reserva de la biosfera Maya, Petén, Guatemala*. Manual técnico No 40. USAID/Guatemala.
- Puerta, RH. (2007). *Modelo digital de elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú* [Tesis de maestría en Agroecología, Mención Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e319511c-2654-42fd-a6c8-2da96628edb4/content>
- Quispe, D. P. (2016). *Análisis comparativo de la diversidad en bosque de colina baja y colina alta en Tingo María – Perú* [Tesis de maestría en Agroecología, Mención Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Ramírez, H., Torres, A., & Serrano, J. (2002). Mortalidad y reclutamiento de árboles en bosque nublado de la cordillera de los Andes, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Ecología*, 15(2), 177–184

- Rivera, GP. (2007). Composición florística y análisis de diversidad arbórea en un área de bosque montano en el Centro de Investigación Wayqecha, Kosñipata Cusco (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria de La Selva.
- Rodríguez, W. (2000). *Estudio cuantitativo de la diversidad forestal del BRUNAS* [Tesis de pregrado en Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2a06323e-2ede-4f9b-abef-3b8688769ad6/content>
- Roeder, M. A. (2004). *Diversidad y composición florística de un área de bosque de terrazas en la comunidad nativa Aguaruna Huascayacu, en el Alto Mayo, San Martín* [Tesis de pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c84e44f7-b145-4e66-83f8-463de8f0da63/content>
- Russo, R. & Leblanc, H. (2006). *Caracterización estructural y florística de un bosque secundario enriquecido de 15 años en la Región tropical húmeda de Costa Rica*. Materiales de enseñanza. Curso de Silvicultura Tropical. Universidad EARTH Guácimo.
https://www.researchgate.net/publication/240744614_Caracterizacion_estructural_y_floristica_de_un_bosque_secundario_enriquecido_de_15_anos_en_la_Region_Tropical_Humeda_de_Costa_Rica
- Sabogal, C., Valerio, L. (1998). *Forest composition, structure and regeneration in a dry forest of the Nicaraguan Pacific coast*. In Dallmeier, F; Comiskey, JA. (Eds.). *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: Research and monitoring*. Man & The Biosphere Series. New York, US, UNESCO, 21, 187-212.
- Sabogal, C., Carrera, F., Colan, V., & Pokorny, B. (2004). *Manual para la planificación del manejo forestal operacional en bosques de Amazonía peruana*. Proyecto INRENA–CIFOR–FONDEBOSQUE.
- Schipper, A. (2002). *Dendrocronología del cedro Cedrela odorata L. (Meliaceae) de la Amazonía Sur del Perú, región Madre de Dios*. (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria de La Molina.
- Soto Shareva, L. E. (2018). *Dinámica del bosque en la composición florística y biomasa aérea a través de las gradientes altitudinales en parcelas permanentes de medición (PPM) del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva BRUNAS - Tingo*

María Perú [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<https://www.scribd.com/document/375638254>

Trigueros, A.; Villavicencio, R.; Santiago, A. (2014). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco. *Mexicana de ciencias forestales*, 5(24),160-183.

Vallejo, M., Londoño, A., López, R., Galeano, G., Álvarez, E., & Devia, W. (2005). *Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Volumen I*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

https://www.researchgate.net/profile/Rene-Lopez-Camacho-2/publication/326882544_ESTABLECIMIENTO_DE_PARCELAS_PERMANENTE_S_EN_BOSQUES_DE_COLOMBIA/links/5b6a29a745851546c9f6b5dc/ESTABLECIMIENTO-DE-PARCELAS-PERMANENTES-EN-BOSQUES-DE-COLOMBIA.pdf

Vázquez, C. & Orozco, A. (1992). *El Bosque Lluvioso en América Tropical: Dinámica Forestal, Reforestación, Manipulación de las Semillas y Problemas de Manejo*. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Weatherspark. (s. f.). *El clima promedio en Tingo María, Perú*.
<https://es.weatherspark.com/y/97419/Clima-promedio-en-Tingo-Mar%C3%ADA-Per%C3%BA>

Young, K. (1998). Composition and structure of a timberline forest in north-central Peru. *Forest Biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: Research and Monitoring*. MAN AND Biosphere Series, Vo. 21.

<https://books.google.com.pe/books?id=6KHxHMTLGcC&pg=PA595&lpg=PA595&dq=composition+and+structure+of+a+timberline+forest+young&source=bl&ots=bxNw6LxfUf&sig=fof0xXv6IDhn7jTwfP0xkVMcH54&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiU9PLkgaDTAhVHyyYKHfXvDocQ6AEIMTAC#v=onepage&q=composition%20and%20structure%20of%20a%20timberline%20forest%20young&f=false>

ANEXO

Tabla 13. Base de datos de la remediación de la parcela

N° Parcela	SP	N° Ind.	CÓD.	Categoría	Especie	Familia	Cond. R/M	POM (cm) 2023	COORDENADAS CARTESIANAS	
									X	Y
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										
IV										

POM: Punto óptimo de medición
R/M: Reclutamiento/Mortalidad

Tabla 14. Comportamiento de las variables, inicial y final según la familia y especie

Familia/Especie	Indiv. (2015)	Indiv. (2023)	Suma de AB (2015)	Suma de AB (2023)	N° Mortalidad	N° Reclutamiento
Anacardiaceae	14	14	0.7092	0.9925		
<i>Tapirira guianensis</i>	12	12	0.6612	0.9119		
<i>Tapirira obtusa</i>	2	2	0.0480	0.0806		
Annonaceae	8	8	1.0466	1.2515		
<i>Guatteria guentheri</i>	8	8	1.0466	1.2515		
Apocynaceae	2	2	0.0402	0.0817		
<i>Rauvolfia leptophylla</i>	1	1	0.0309	0.0442		
<i>Tabernaemontana sananho</i>	1	1	0.0094	0.0376		
Araliaceae	2	2	0.0310	0.0693		
<i>Dendropanax Macropodus</i>	1	1	0.0155	0.0346		
<i>Schefflera morototoni</i>	1	1	0.0155	0.0346		
Bignoniaceae	3	3	0.2612	0.3301		
<i>Jacaranda copaia</i>	3	3	0.2612	0.3301		
Boraginaceae	2	2	0.1756	0.2167		
<i>Cordia hebeclada</i>	1	1	0.1399	0.1668		
<i>Cordia ucayaliensis</i>	1	1	0.0357	0.0499		
Burseraceae	33	35	2.2465	2.9170	1	3
<i>Dacryodes nitens</i>	12	11	1.4278	1.6768	1	
<i>Protium amazonicum</i>	1	1	0.0242	0.0361		
<i>Protium grandifolium</i>	2	4	0.0235	0.0800		2
<i>Protium sagotianum</i>	5	5	0.2606	0.3500		
<i>Protium tenuifolium</i>	3	4	0.0353	0.1110		1
<i>Protium trifoliolatum</i>	2	2	0.0317	0.0702		
<i>Tetragastris panamensis</i>	6	6	0.3904	0.5055		
<i>Trattinnickia boliviana</i>	2	2	0.0530	0.0874		
Calophyllaceae	10	8	0.6512	0.7441	2	
<i>Chimarrhis Hookeri</i>	1	1	0.1587	0.1872		
<i>Marila tomentosa</i>	9	7	0.4926	0.5568	2	
Capparaceae	1	1	0.0323	0.0458		
<i>Capparis schunkei</i>	1	1	0.0323	0.0458		
Caricaceae	2	2	0.4066	0.4665		
<i>Jacaratia digitata</i>	2	2	0.4066	0.4665		
Chrysobalanaceae	2	2	0.0285	0.0780		
<i>Hirtella racemosa</i>	1	1	0.0101	0.0391		
<i>Parinari klugii</i>	1	1	0.0183	0.0388		
Clusiaceae	8	7	0.2126	0.3470	1	
<i>Symphonia globulifera</i>	8	7	0.2126	0.3470	1	
Combretaceae	2	2	0.0614	0.1073		
<i>Buchenavia macrophylla</i>	2	2	0.0614	0.1073		
Dichapetalaceae	1	1	0.0087	0.0362		
<i>Tapura peruviana</i>	1	1	0.0087	0.0362		

Familia/Especie	Indiv. (2015)	Indiv. (2023)	Suma de AB (2015)	Suma de AB (2023)	N° Mortalidad	N° Reclutamiento
Elaeocarpaceae	2	2	0.0254	0.0732		
<i>Sloanea fragrans</i>	2	2	0.0254	0.0732		
Euphorbiaceae	177	189	5.1307	8.1972	9	21
<i>Alchornea glandulosa</i>	4	4	0.2401	0.3179		
<i>Croton tessmannii</i>	4	4	0.1312	0.1853		
<i>Hevea guianensis</i>	11	11	1.1048	1.3422	2	2
<i>Mabea piriri</i>	2	2	0.0202	0.0781		
<i>Sapium laurifolium</i>	1	1	0.0556	0.0730		
<i>Senefeldera inclinata</i>	154	166	3.5648	6.1683	7	19
<i>Tetrorchidium macrophyllum</i>	1	1	0.0140	0.0325		
Fabaceae	32	33	4.2850	5.0397		1
<i>Andira surinamensis</i>	1	1	0.0669	0.0859		
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	5	5	2.9672	3.2159		
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	1	1	0.0525	0.0694		
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	1	1	0.0296	0.0426		
<i>Inga alba</i>	3	3	0.1297	0.1846		
<i>Inga brachyrhachis</i>	1	1	0.0884	0.1100		
<i>Inga venusta</i>	1	1	0.0215	0.0328		
<i>Macrolobium gracile</i>	5	5	0.1720	0.2604		
<i>Ormosia amazonica</i>	1	1	0.0289	0.0418		
<i>Parkia panurensis</i>	1	1	0.1184	0.1433		
<i>Platymiscium pinnatum</i>	2	2	0.0728	0.1010		
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	1	2	0.0123	0.0413		1
<i>Pterocarpus rohrii</i>	7	7	0.3731	0.5215		
<i>Vatairea erithrocarpa</i>	2	2	0.1516	0.1891		
Hypericaceae	2	2	0.0427	0.0750		
<i>Vismia amazonica</i>	2	2	0.0427	0.0750		
Lauraceae	8	8	0.2947	0.4604		
<i>Aniba guianensis</i>	1	1	0.0226	0.0341		
<i>Beilschmiedia towarensis</i>	2	2	0.1392	0.1849		
<i>Nectandra indet</i>	1	1	0.0392	0.0540		
<i>Nectandra pulverulenta</i>	1	1	0.0595	0.0775		
<i>Nectandra reflexa</i>	3	3	0.0341	0.1098		
Lecythydaceae	5	5	0.1226	0.2094		
<i>Eschweilera coriacea</i>	5	5	0.1226	0.2094		
Malvaceae	19	20	1.3699	1.7520	1	2
<i>Apeiba aspera</i>	3	3	0.4103	0.4861		
<i>Apeiba membranacea</i>	1	1	0.1255	0.1511		
<i>Huberodendrom swietenoides</i>	1	1	0.0589	0.0767		
<i>Sterculia apeibophylla</i>	3	3	0.3948	0.4729		
<i>Theobroma subincanum</i>	11	12	0.3804	0.5652	1	2
Melastomataceae	5	5	0.0991	0.2119		
<i>Bellucia pentamera</i>	1	1	0.0096	0.0381		

Familia/Especie	Indiv. (2015)	Indiv. (2023)	Suma de AB (2015)	Suma de AB (2023)	Nº Mortalidad	Nº Reclutamiento
<i>Graffenrieda indet</i>	1	1	0.0252	0.0373		
<i>Henriettea sylvestris</i>	1	1	0.0455	0.0613		
<i>Miconia indet</i>	1	1	0.0084	0.0356		
<i>Miconia punctata</i>	1	1	0.0103	0.0395		
Moraceae	45	42	2.1387	2.6333	6	3
<i>Batocarpus orinocensis</i>	9	10	0.2668	0.3704	1	2
<i>Brosimum lactescens</i>	1	1	0.0567	0.0742		
<i>Brosimum rubescens</i>	1	1	0.0367	0.0510		
<i>Brosimum utile</i>	1	1	0.0198	0.0410		
<i>Clarisia biflora</i>	4	2	0.1115	0.1154	2	
<i>Clarisia racemosa</i>	1	1	0.2088	0.2415		
<i>Ficus casapiensis</i>	1	1	0.0091	0.0372		
<i>Ficus maxima</i>	3	3	0.0903	0.1378		
<i>Helicostylis tomentosa</i>	2	1	0.1543	0.0954	1	
<i>Maquira guianensis</i>	2	1	0.0334	0.0341	1	
<i>Naucleopsis krukovii</i>	2	2	0.0810	0.1189		
<i>Perebea guianensis</i>	3	3	0.1197	0.1839		
<i>Pseudolmedia laevigata</i>	1	1	0.1080	0.1318		
<i>Pseudolmedia laevis</i>	10	10	0.6240	0.7135	1	1
<i>Pseudolmedia macrophylla</i>	4	4	0.2184	0.2872		
Myristicaceae	35	36	3.4215	4.2734	1	2
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	6	6	1.4025	1.5959		
<i>Otoba glycycarpa</i>	1	1	0.1643	0.1934		
<i>Otoba parvifolia</i>	17	19	1.2104	1.6684		2
<i>Virola decorticans</i>	3	3	0.0548	0.1062		
<i>Virola pavonis</i>	8	7	0.5895	0.7094	1	
Myrtaceae	2	2	0.0892	0.1206		
<i>Eugenia egensis</i>	1	1	0.0396	0.0544		
<i>Eugenia indet</i>	1	1	0.0497	0.0662		
Nyctaginaceae	7	5	0.3506	0.4493	2	
<i>Neea divaricata</i>	6	4	0.0985	0.1614	2	
<i>Neea macrophylla</i>	1	1	0.2521	0.2878		
Olacaceae	3	3	0.4276	0.5069		
<i>Chaunochiton kappleri</i>	2	2	0.0833	0.1211		
<i>Minquartia guianensis</i>	1	1	0.3443	0.3858		
Phyllanthaceae	2	2	0.2194	0.2660		
<i>Hieronyma oblonga</i>	1	1	0.1618	0.1907		
<i>Sterigmatopetalum obovatum</i>	1	1	0.0576	0.0753		
Rubiaceae	35	39	0.9090	1.6806	1	5
<i>Calycophyllum megistocaulum</i>	6	7	0.0972	0.2485		1
<i>Capirona decorticans</i>	1	1	0.0101	0.0390		
<i>Psychotria levis</i>	11	11	0.2274	0.3917	1	1
<i>Schizocalyx peruvianus</i>	15	18	0.2591	0.6186		3

Familia/Especie	Indiv. (2015)	Indiv. (2023)	Suma de AB (2015)	Suma de AB (2023)	Nº Mortalidad	Nº Reclutamiento
<i>Schizocalyx sterculioides</i>	1	1	0.0095	0.0379		
<i>Warszewiczia indet</i>	1	1	0.3057	0.3449		
Salicaceae	7	7	0.3033	0.4287		
<i>Casearia ulmifolia</i>	3	3	0.1281	0.1926		
<i>Laetia procera</i>	4	4	0.1752	0.2361		
Sapotaceae	10	9	0.3929	0.4676	1	
<i>Micropholis guyanensis</i>	1		0.0688		1	
<i>Pouteria cuspidata</i>	6	6	0.2256	0.3289		
<i>Talisa carinata</i>	3	3	0.0985	0.1387		
Siparunaceae	4	2	0.0439	0.0731	2	
<i>Siparuna bifida</i>	4	2	0.0439	0.0731	2	
Ulmaceae	1	1	0.1582	0.1867		
<i>Ampelocera edentula</i>	1	1	0.1582	0.1867		
Urticaceae	53	53	3.7832	4.7992	3	3
<i>Cecropia sciadophylla</i>	15	14	1.0308	1.2833	1	
<i>Cecropia engleriana</i>	6	6	0.1235	0.2096	1	1
<i>Coussapoa orthoneura</i>	1	1	0.1494	0.1771		
<i>Pourouma bicolor</i>	3	2	0.2944	0.3289	1	
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	2	3	0.0524	0.0966		1
<i>Pourouma minor</i>	25	26	2.0256	2.5729		1
<i>Pourouma mollis</i>	1	1	0.1071	0.1308		
Violaceae	2	3	0.0700	0.1101		1
<i>Leonia glycyarpa</i>	2	3	0.0700	0.1101		1
Vochysaceae	6	6	0.6951	0.8356		
<i>Qualea amoena</i>	1	1	0.0207	0.0318		
<i>Vochysia biloba</i>	5	5	0.6744	0.8039		
Total general	552	563	30.2845	40.5335	30	41



Figura 8. Ubicación de los vértices de la parcela permanente N°-4



Figura 9. Georreferenciación de la parcela permanente N°-4



Figura 10. Ubicación y mantenimiento de las placas de aluminio

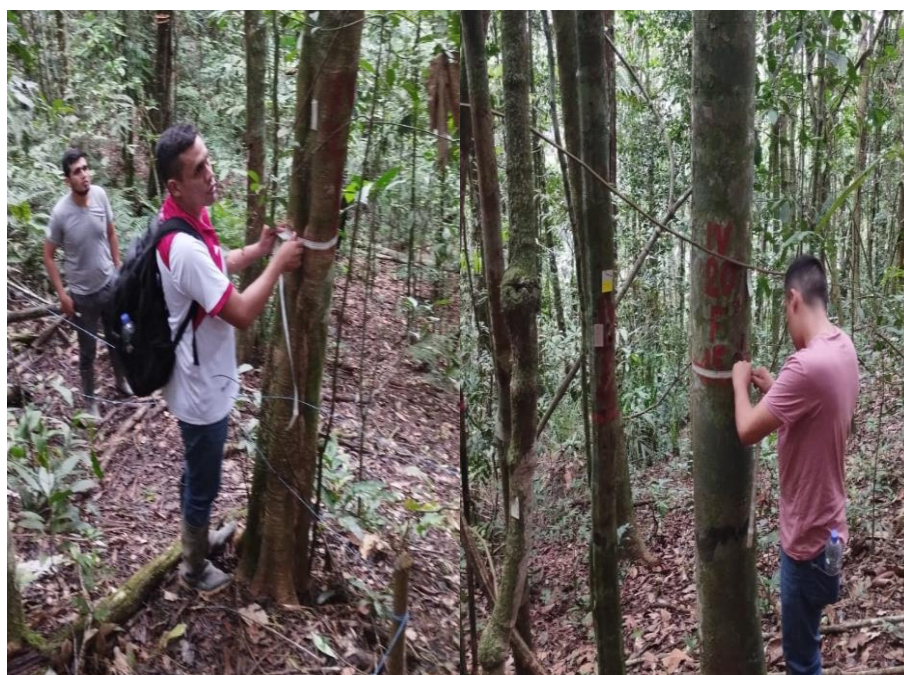


Figura 11. Cálculo de la circunferencia al POM de las especies



Figura 12. Colaboradores del trabajo de investigación.