

UNIVERSIDAD NACIONAL HEMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO

MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA AÉREA EN
DIFERENTES ALTITUDES A TRAVÉS DE PARCELAS
PERMANENTES DE MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA
ELECTRÓNICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y
CIENCIAS AMBIENTALES**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESISTA: QUISPE JANAMPA DAVID PRUDENCIO

ASESOR: DR. GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS

HUÁNUCO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios por concederme la vida

A mí padre el señor Ángel Quispe Ayala y a mí madre la señora Yolanda Janampa de Quispe, por haberme dado la vida y todo el amor quienes me impartieron los valores para conducirme por el camino correcto y me ofrecieron el sabio consejo en el momento oportuno

A mí querida esposa la señora Karem Milagros Mendoza Bardales mi compañera y amiga de toda la vida

A mis queridas hijas a quienes amo incondicionalmente Valery Daniela Quispe Mendoza y Ethel Gadosa Yolanda Quispe Mendoza

A todos mis queridos hermanos a quienes respeto por sus consejos valiosos y amor incondicional

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Gonzales Pariona Fernando por su orientación en el desarrollo del trabajo de investigación

Al Dr. Casiano Aguirre Escalante por sus conocimientos impartidos en parte de la redacción del trabajo de investigación

A los miembros del jurado por sus sugerencias

RESUMEN

El estudio se realizó en las Parcelas Permanentes de Medición 1 y 4, a 735 y 875 m.s.n.m. respectivamente, ambas con 1ha en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La unidad de estudio fue de 100m x 100m, considerando como muestra a todos los árboles con un punto óptimo de medición ≥ 10 cm de diámetro, Se tomaron 50 unidades de estudios de 400m² cada unidad. Para lograr los objetivos se trabajó con el software Data Collector, que hace parte de la interfaz de la tecnología Field-map, el cual permitió realizar el levantamiento de parcelas en campo; junto con el hardware TruPulse 360R, siendo una herramienta de mayor precisión y útil para la toma de datos y monitoreo de parcelas. Los resultados mostraron que la variación altitudinal tiene efecto sobre la diversidad estructural y la biomasa aérea en un bosque tropical usando tecnología electrónica, determinando que la especie *Parkia panurensis* obtuvo el mayor valor ecológico a menor altitud con 10.24% y a mayor altitud fue la especie *Senefeldera inclinata* con 16.36%. Se observó la distribución de los individuos formando una clásica “J” invertida. La mayor Posición sociológica a menor altura fue la especie *Parkia panurensis* con 20.59%, a mayor altura fue la especie *Senefeldera inclinata* con 88.46%. Se encontró una variación significativa en la biomasa aérea y stock de carbono, registrando 387.64Tha⁻¹. a mayor altitud y a menor altitud de 214.38Tha⁻¹. Asimismo, un almacenamiento de Carbono del 50% de los valores de la biomasa aérea.

Palabras clave: Field-map, valor ecológico, posición sociológica, biomasa, carbono.

ABSTRACT

The study was carried out in Permanent Measurement Plots 1 and 4, at 735 and 875 m.s.n.m. respectively, both with 1ha in the Reserved Forest of the National Agrarian University of La Selva. The study unit was 100m x 100m, considering as a sample all the trees with an optimal point of measurement ≥ 10 cm in diameter. 50 study units of 400m² each unit were taken. To achieve the objectives, we worked with the Data Collector software, which is part of the Field-map technology interface, which allowed the survey of plots in the field; together with the TruPulse 360R hardware, being a more precise and useful tool for data collection and plot monitoring. The results showed that the altitudinal variation has an effect on the structural diversity and the aerial technology in a tropical forest using electronics, determining that the species *Parkia panurensis* obtained the highest ecological value at a lower altitude with 10.24% and at a higher altitude it was the species *Senefeldera inclinata* against 16.36%. The distribution of the individuals was demonstrated forming a classic inverted "J". The highest sociological position at a lower altitude was the species *Parkia panurensis* with 20.59%, at a higher altitude it was the species *Senefeldera inclinata* with 88.46%. A significant variation was found in aerial biomass and carbon stock, registering 387.64Tha⁻¹. a higher altitude and a lower altitude of 214.38Tha⁻¹. Likewise, a carbon storage of 50% of the values of aerial biomass.

Keywords: Field-map, ecological value, sociological position, biomass, carbon.

RESUMO

O estudo foi realizado nas Parcelas de Medição Permanente 1 e 4, a 735 e 875 m.s.n.m. respectivamente, ambos com 1 ha na Reserva Florestal da Universidade Nacional Agrária da Floresta. A unidade de estudo foi de 100m x 100m, considerando como amostra todas as árvores com ponto ótimo de medição ≥ 10 cm de diâmetro, foram tomadas 50 unidades de estudo de 400m² cada unidade. Para atingir os objetivos, trabalhou-se com o software Data Collector, que faz parte da interface da tecnologia Field-map, que permitiu o levantamento das parcelas no campo; juntamente com o hardware TruPulse 360R, sendo uma ferramenta mais precisa e útil para coleta de dados e monitoramento de parcelas. Os resultados mostraram que a variação altitudinal tem efeito sobre a diversidade estrutural e a biomassa aérea em uma floresta tropical usando tecnologia eletrônica, determinando que a espécie *Parkia panurensis* obteve o maior valor ecológico em menor altitude com 10,24% e em maior altitude foi a espécie *Senefeldera inclinata*, com 16,36%. A distribuição dos indivíduos foi observada formando um clássico "J" invertido. A maior posição sociológica em menor altitude foi a espécie *Parkia panurensis* com 20,59%, em maior altitude foi a espécie *Senefeldera inclinata* com 88,46%. Uma variação significativa foi encontrada na biomassa aérea e estoque de carbono, registrando 387,64Tha⁻¹. em maior altitude e em menor altitude de 214,38Tha⁻¹. Da mesma forma, um armazenamento de carbono de 50% dos valores de biomassa aérea.

Palavras-chave: Mapa de campo, valor ecológico, posição sociológica, biomassa, carbono.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
RESUMO	vi
ÍNDICE	vii
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. Fundamentación del problema	13
1.2. Justificación e importancia de la investigación	14
1.3. Viabilidad de la investigación	16
<i>1.3.1. Acceso a Recursos Tecnológicos Avanzados:</i>	16
<i>1.3.2. Colaboración con Instituciones y Expertos:</i>	17
<i>1.3.3. Diseño de parcelas permanentes de medición:</i>	17
<i>1.3.4. Capacitación del Personal de Campo:</i>	17
<i>1.3.5. Análisis de datos y estadísticas:</i>	17
<i>1.3.6. Asignación de Recursos y Cronograma:</i>	17
<i>1.3.7. Ética y Permisos de Investigación:</i>	17
1.4. Formulación del problema.....	18
<i>1.4.1. Problema general</i>	18
<i>1.4.2. Problemas específicos</i>	18
1.5. Formulación de objetivos	18
<i>1.5.1. Objetivo general</i>	18

1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	18
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de investigación	19
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. <i>Índice Valor de Importancia (IVI)</i>	26
2.2.2. <i>Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-BRUNAS</i>	28
2.2.3. <i>Aspecto legal</i>	28
2.2.4. <i>Bosques y cambio climático</i>	29
2.2.5. <i>Gases de efecto invernadero</i>	30
2.2.6. <i>Biomasa y carbono almacenado</i>	30
2.2.7. <i>Ciclo del carbono</i>	32
2.2.8. <i>Estimación de biomasa aérea</i>	32
2.2.9. <i>Ecuaciones alométricas</i>	33
2.2.10. <i>Estimación de carbono</i>	34
2.2.11. <i>Field Map</i>	34
2.3. Bases conceptuales	39
2.3.1. <i>Tipo de bosque</i>	39
2.3.2. <i>Caracterización ecológica</i>	40
2.3.3. <i>Parámetros estructurales de la vegetación</i>	40
2.3.4. <i>Estructura horizontal</i>	41
2.3.5. <i>Estructura vertical</i>	42
2.4. Bases filosóficas	45
2.5. Bases epistemológicas	46
2.5.1. <i>Epistemología</i>	46
2.5.2. <i>Axiología</i>	46

2.6. Bases antropológicas	46
CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS	48
3.1. Formulación de las hipótesis	48
3.1.1. <i>Hipótesis general</i>	48
3.1.2. <i>Hipótesis específicas</i>	48
3.2. Operacionalización de variables.....	49
3.3. Definición operacional de las variables.....	49
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....	51
4.1. Ámbito.....	51
4.2. Tipo y nivel de investigación	52
4.3. Población y muestra	52
4.3.1. <i>descripción de la población</i>	52
4.3.2. <i>Muestra y método de muestreo</i>	53
4.3.3. <i>Criterio de inclusión y exclusión</i>	53
4.4. Diseño de investigación.....	53
4.5. Técnicas e instrumentos	53
4.5.1. <i>Técnicas</i>	53
4.5.2. <i>Instrumentos</i>	54
4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos	55
4.6.1. <i>Fase de pre-campo</i>	55
4.6.2. <i>Fase de campo</i>	56
4.6.3. <i>Fase de gabinete</i>	66
4.6.4. <i>Evaluación de diversidad estructural</i>	66
4.6.5. <i>Evaluación de biomasa aérea</i>	71
4.6.6. <i>Plan de tabulación y análisis de datos</i>	72

4.7. Aspectos éticos	73
CAPÍTULO V. RESULTADOS	74
5.1. Análisis descriptivo	74
5.1.1. Índice de valor de importancia (IVI).....	74
5.1.2. Evaluación de la estructura diamétrica	76
5.1.3. Posición sociológica	78
5.2. Análisis inferencial.....	82
5.2.1. Biomasa aérea y Stock de Carbono en diferentes altitudes	82
5.3. Discusión de resultados	88
5.3.1. Diversidad estructural en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.	88
5.3.2. Biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.	90
5.4. Aporte científico de la investigación.....	92
CONCLUSIONES	94
SUGERENCIAS	96
REFERENCIAS.....	97
ANEXOS	108

INTRODUCCIÓN

En el ámbito forestal, es necesario comprender la dinámica existente de la cobertura vegetal, por lo que el manejo sostenible de los bosques requiere de un conocimiento de forma correcta del territorio y sus componentes. La tecnología que permite responder a estas preguntas se llama inventario forestal.

Según Orozco (2002) manifiesta que los estudios que sostienen la ejecución de muestreos e inventarios son considerados de gran importancia en el sector forestal y a través de esta proporciona información que contiene datos de árbol (altura, diámetro, área, basal, volumen, etc) de diversos ecosistemas vegetales de forma natural y a la vez modificada con el único fin de tomar decisiones concerniente al aprovechamiento y manejo de estas.

Los bosques tropicales presentes en la Amazonía constituyen uno de los ecosistemas más significativos de la tierra, representan aproximadamente el 56% de todos los bosques tropicales existentes y albergan más del 50% de la biodiversidad global. Perturbaciones relativamente pequeños en la estructura de estos bosques pueden originar consecuencias sobre la biodiversidad, el ciclo del carbono y el cambio climático (Bouroncle Seoane, 2008).

Además, a nivel global, los bosques desempeñan un papel crucial al absorber grandes cantidades de carbono. Estos ecosistemas son responsables de los intercambios de carbono entre la atmósfera y la tierra mediante procesos como la fotosíntesis y la respiración (Jandl, 2001).

En el segundo informe de evaluación del carbono el Grupo Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC) estimaron que en los bosques para el año 2050 se podría captar o conservar valores que varían de 60 y 87 gigatoneladas (Gt) de carbono (Yáñez, 2004).

Hoy en día, en Perú, los bosques desempeñan un papel destacado a nivel mundial al almacenar una cantidad significativa de carbono, abarcando el 56.9% del territorio peruano, lo que supera la mitad de su extensión. De este porcentaje, el 94% se

encuentra concentrado en la región amazónica (WWF, 2021).

Para este tipo de bosques se vienen realizando inventarios florísticos utilizando Parcelas Permanentes de Medición (PPM) ejecutadas por la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR), proporcionando la posibilidad de observar a largo plazo la dinámica del bosque (Brenes, 2021).

Bajo este contexto, actualmente estos procedimientos se pueden realizar a través de instrumentos, tecnologías y ecuaciones generadas mediante principios matemáticos donde se registran datos con mejor precisión, exactitud, eficacia y eficiencia; siendo uno de estos el uso de la tecnología Field-Map que según IFER (2018), estos bosques incorporan un conjunto tecnológico que incluye tanto software como hardware, el cual opera de manera autónoma o en conjunto con equipos de medición. Esto facilita los procesos de recopilación de datos en el campo mediante la creación de parcelas permanentes y puntos de referencia. El objetivo es conocer y describir la estructura y el comportamiento de la biomasa aérea en bosques situados a diferentes altitudes. En este contexto, la investigación se propone contribuir con documentación cuantitativa en el sector de Tingo María, específicamente en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - BRUNAS, en Huánuco, Perú. El propósito principal es comprender aspectos ecológicos, promover el manejo sostenible y contribuir a la conservación del bosque. De esta manera, el estudio actual tiene como objetivo central determinar la diversidad estructural y la biomasa aérea en diversas altitudes mediante la implementación de parcelas permanentes de medición con el respaldo de tecnología electrónica.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema

La gestión sostenible de los recursos naturales y la comprensión de los ecosistemas forestales son elementos esenciales para abordar los desafíos ambientales y climáticos que enfrenta la humanidad en la actualidad. Los bosques desempeñan un papel crítico en la mitigación del cambio climático, la preservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos clave. La evaluación precisa de la diversidad estructural y la biomasa aérea en estos bosques es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de conservación y manejo.

En muchas regiones del mundo, la topografía varía significativamente, lo que resulta en gradientes de altitud que influyen en la composición y la estructura de los bosques. La influencia de la altitud en la diversidad y biomasa forestal ha sido objeto de investigación durante décadas. Sin embargo, la adopción de tecnología electrónica avanzada en la medición forestal ha abierto nuevas oportunidades para mejorar la precisión y eficiencia de estas evaluaciones. La tecnología electrónica, como los escáneres láser terrestres y los sistemas de posicionamiento global (GPS), permite la recolección de datos detallados en tiempo real y la creación de parcelas permanentes de medición más eficientes.

Particularmente en Perú, existe poca información sobre el efecto de la fisiografía del terreno (colina baja y colina alta) en la diversidad estructural de un bosque, la estimación de biomasa y almacenamiento de carbono en bosques tropicales. Por otra parte (Suárez-Mayorga y Bello, 2012) Indica que, la falta de precisión ha generado que no se tenga pleno convencimiento en los estudios realizados, obteniendo resultados no confiables de valor científico.

La realización de este estudio nos permitió comprender la relevancia de los bosques en cuestión en cuanto a su diversidad estructural, lo que se traduce en la retención de carbono en su biomasa aérea. Este proceso desempeña un papel crucial

en la reducción de los gases de efecto invernadero. En la actualidad, el BRUNAS abarca 216.00 hectáreas de bosques con una elevada diversidad y una capacidad destacada para absorber dióxido de carbono, contribuyendo significativamente a la mitigación de estos gases. Sin embargo, es importante destacar que no se disponen de datos precisos sobre la diversidad estructural, que incluye el Índice de Valor de Importancia, la estructura diamétrica y la posición sociológica, así como sobre la capacidad de retención de carbono en la biomasa aérea, que comprende altura, diámetro y densidad básica de las especies, en diferentes gradientes altitudinales.

El trabajo de investigación tiene como objetivo contribuir con información más detallada y datos más precisos en relación con la diversidad estructural y el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea. Esto se llevará a cabo mediante el análisis de dos Parcelas Permanentes de Medición ubicadas en el BRUNAS, específicamente en las unidades fisiográficas de colina baja y colina alta. Se empleará tecnología electrónica para llevar a cabo estas mediciones, lo que permitirá una recopilación de datos más eficiente y precisa.

1.2. Justificación e importancia de la investigación

La mayoría de investigaciones con especies forestales en los bosques tropicales de nuestra Amazonía Peruana, se ejecutan a nivel de nombre vulgar o identificados por profesionales o instituciones no especializados. Asimismo, la altura y diámetro son realizados mediante estimaciones y usando materiales de baja precisión respectivamente, dotándole de resultados no confiables por su autenticidad al determinar la diversidad estructural, biomasa aérea etc.

Por lo mencionado el trabajo de investigación se concentra en realizar un monitoreo de las PPMs, que se encuentra en bosque colina baja y alta, ubicados en el BRUNAS. Teniendo en cuenta que, las especies forestales de éstas dos parcelas permanentes se encuentran identificadas y certificadas a nivel de nombre científico por el Herbario HOXA, siendo el primer herbario peruano organizado con las familias de angiospermae propuestas en el APG-2003, con una estrecha colaboración con el Jardín Botánico de Missouri y la Universidad Internacional de Florida.

A pesar de la importancia de entender cómo la altitud influye en la diversidad estructural y la biomasa aérea de los bosques, existen vacíos en la literatura científica. Además, la mayoría de las investigaciones se han basado en métodos tradicionales de medición, que pueden ser costosos y requerir mucho tiempo. La aplicación de tecnología electrónica en la medición forestal no se ha explorado ampliamente en contextos en bosques de altura, a pesar de sus posibles ventajas.

Esta tesis doctoral conlleva a llenar estos vacíos de conocimiento al investigar la diversidad estructural y la biomasa aérea en diferentes altitudes utilizando parcelas permanentes de medición y tecnología electrónica avanzada. Al hacerlo, se contribuirá al entendimiento de los efectos de la altitud en la estructura y función de los bosques, lo que a su vez puede informar la toma de decisiones en la gestión forestal, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático.

El trabajo de investigación se valió de la tecnología "Field-Map", desarrollada y fabricada por IFER en la República Checa. Este dispositivo integra equipos de medición de campo con software especializado, permitiendo una evaluación y análisis rápidos, eficientes y altamente confiables de los datos recopilados. Con la finalidad de entender su contribución para contrarrestar las emisiones de CO₂; de igual manera, analizar las variaciones que atraviesan estas especies en función al tiempo. La información obtenida ayudará a establecer investigaciones sobre su diversidad estructural con el fin de generar manejo en estas superficies de amortización del BRUNAS.

En relación con el tema (Cubero y Rojas, 1999) Mencionan que, los ecosistemas forestales desempeñan un papel crucial al absorber dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera a través del proceso fotosintético de las plantas. En este proceso, las plantas asimilan el carbono (C) en su estructura y liberan oxígeno (O₂), actuando, así como medidas de mitigación para reducir o mantener los niveles actuales de CO₂ en la atmósfera.

Asimismo, en el área de influencia se localizan especies forestales maderables que tienen mucha importancia para su conservación, por lo que es necesario establecer un manejo adecuado en superficies amortizadas donde se conozcan las especies

arbóreas que se encuentran en dichos bosques y no se haya estudiado la diversidad estructural de estas especies empleando tecnología electrónica sobre la diversidad estructural (Índice de valor de importancia, estructura diamétrica y posición sociológica) y biomasa aérea (Altura, diámetro y densidad básica de la especie).

Las coberturas boscosas constituyen casi un tercio de la superficie de la tierra a nivel mundial, lo que corresponde aproximadamente a 4 060 millones de hectáreas. Lo que equivale que, hay alrededor de 0.52 hectáreas por persona en el planeta, con un valor de 54% superior a la mitad de los bosques del mundo están ubicados en cinco países: Canadá, China, Brasil, Estados Unidos de América, Rusia y China (FAO, 2020).

El empleo de la tecnología de Field-Map en los inventarios forestales nacionales se está dando en los países de Bélgica, Rusia, República Checa, Cabo Verde, Eslovaquia, Islandia, Irlanda y Perú (IFER, 2020). El mejoramiento de las técnicas y las metodologías para la toma de datos son una necesidad en donde las tecnologías de la información han entrado a jugar un rol muy importante, dándole un poco más de credibilidad y argumentación a corto plazo de las diferentes dinámicas que se tienen con relación a los ecosistemas naturales. (Phillips Bernal et al., 2011).

En la actualidad los bosques tropicales conforman alrededor del 7% del territorio terrestre, donde estas desempeñan un papel importante en el equilibrio global del carbono, debido a que almacenan grandes cantidades de carbono, ayudan a regular la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera (Pan et al., 2011).

1.3. Viabilidad de la investigación

La realización de esta investigación es viable debido a varios factores clave que respaldan su ejecución exitosa:

1.3.1. Acceso a Recursos Tecnológicos Avanzados:

La viabilidad de esta tesis se sustenta en la disponibilidad de tecnología electrónica avanzada, como escáneres láser terrestres, sistemas de posicionamiento global (GPS) de alta precisión y software de procesamiento de datos geoespaciales.

Estos recursos tecnológicos permitieron la recopilación eficiente y precisa de datos en el campo y su posterior análisis.

1.3.2. Colaboración con Instituciones y Expertos:

La investigación se llevó a cabo en colaboración con instituciones y expertos en ecología forestal y tecnología geoespacial. Esto garantizó un acceso adecuado a la experiencia y los conocimientos necesarios en la ejecución efectiva del estudio.

1.3.3. Diseño de parcelas permanentes de medición:

El diseño y establecimiento de parcelas permanentes de medición, considerando las diferentes altitudes, se planificó meticulosamente. Esto aseguró la recopilación de datos de alta calidad y la posibilidad de llevar a cabo un seguimiento a largo plazo de los sitios de estudio.

1.3.4. Capacitación del Personal de Campo:

Se proporcionó capacitación a los miembros del equipo de investigación encargados de la recolección de datos utilizando la tecnología electrónica. Esto garantizó la precisión y coherencia en la recopilación de información.

1.3.5. Análisis de datos y estadísticas:

Se utilizaron técnicas estadísticas avanzadas y software especializado para analizar los datos recopilados. Esto permitió obtener resultados significativos y robustos que respaldaron las conclusiones de la investigación.

1.3.6. Asignación de Recursos y Cronograma:

Se ha desarrollado un plan de trabajo detallado que incluyó la asignación de recursos financieros temporales. Esto aseguró que la investigación se lleve a cabo dentro de los límites de tiempo y presupuesto definidos.

1.3.7. Ética y Permisos de Investigación:

Se cumplieron todas las regulaciones éticas y se obtuvieron los permisos necesarios para la investigación en las áreas de estudio. Se respetó la integridad ambiental y se minimizó cualquier impacto negativo.

En resumen, la investigación fue viable gracias a la combinación de tecnología avanzada, colaboración con expertos, un diseño sólido de parcelas permanentes, capacitación del personal y un plan de trabajo bien estructurado. Estos elementos, junto con el cumplimiento de las normas éticas y los permisos requeridos, aseguró que la investigación se llevó a cabo con éxito y que los resultados obtenidos son confiables y valiosos para avanzar en el conocimiento de la ecología forestal en contextos de altitud.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- Como afecta la variación altitudinal dentro de un bosque tropical la diversidad estructural, y los niveles de biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

1.4.2. Problemas específicos

- Como afecta la variación altitudinal dentro de un bosque tropical la diversidad estructural a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.
- Como afecta la variación altitudinal dentro de un bosque tropical la biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

1.5. Formulación de objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la diversidad estructural y biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la diversidad estructural en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.
- Estimar la biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Carreño y Porras (2011) En el Parque Natural Chicaque, la cual se encuentra ubicada en la zona de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB), se ejecutaron tres censos con un periodo anual en una parcela de monitoreo de una dimension de 0.5 ha. En dicha investigación se seleccionaron individuos con un d.a.p. ≥ 2.5 cm, registrando 253 individuos por faja en un área de 0.1 ha, además se identificaron alrededor de 41 especies y diversidad alfa alta; las familias Urticaceae, Moraceae y Lauraceae presentaron una mayor riqueza; con respecto al dosel superior se registró una altura media de 14,49 m; el análisis del d.a.p. determinó que es un bosque natural donde los árboles cuentan con diferentes edades (disetáneos); las especies *Picrasma excelsa*, *Bunchosia armeniaca* y *Miconia prasina* son las de mayor relevancia ecológica según los índices estructurales. En la parcela de monitoreo de identificó un porcentaje de mortalidad del 1.33 y 2.24% de captura de Carbono por año, donde la biomasa aérea fue de $247.55 \pm 14.79\text{Tha}^{-1}$ y $123.77 \pm 7.39\text{Tha}^{-1}$ de CO_2 .

Segura et al. (2019) manifiestan que, en bosques nativos de Colombia (Tolima) exactamente en la Reserva Natural de Semillas de Agua, ejecutó un estudio donde se evaluó el potencial reductor de emisión de carbono causada por la deforestación y la capacidad de almacenamiento del Carbono en la biomasa aérea. Donde se realizó el muestreo probabilístico el cual fue el estratificado aleatoriamente; por ende, cada categoría de bosque es un estrato (subpáramo, achaparrado o maduro) y en estos se instalaron 09 parcelas con una dimensión de 10x15 m donde los individuos a evaluar fueron medidos a la altura del pecho (d.a.p.) $\geq 10\text{cm}$. Se obtuvieron los siguientes resultados: En lo que concierne el IVI y Captura de carbono las especies más representativas fueron la *Weinmannia auriculata* y *Miconia* spp, los bosques del subpáramo (242 Mg/ha) obtuvieron un mayor almacenamiento de carbono y seguido de los bosques maduros (147 Mg/ha) y achaparrados (25 Mg/ha). En relación con la biomasa aérea esta se estimó mediante un modelo o multi-especie, determinando que los bosques estudiados se registraron un total de 3.2Tg CO_2 de biomasa aérea.

Goicochea - Larrea (2019) manifiestan, que en su investigación abarcó un área de 10 000m² donde se instalaron 4 parcelas de muestreo con un tamaño de 2 500m², el estudio se ejecutó en la región de Cajamarca exactamente en un bosque seco “El Hualango” la cual se ubica en la provincia Cajabamba. Se evaluaron especies leñosas con un diámetro \geq a 10cm, logrando identificar 15 especies, 15 géneros y 11 familias; siendo las especies de *Cedrela kuelapensis* y *Lourtella resinosa* las más comunes; en cuanto a las familias las Leguminosae y Malvaceae fueron las más representativas; las especies identificadas en mayor proporción son *Anadenanthera colubrina*, *Jacaranda acutifolia*, *Lourtella resinosa*, *Cedrela kuelapensis* y *Lourtella resinosa*; para el análisis respecto a la estructura horizontal, la especie *Cedrela kuelapensis* fue la de mayor jerarquía presentado un índice de valor de importancia de 31.03%, seguida por *Lourtella resinosa* con un IVI de 20.07% y por último la especie *Vachellia macracantha* con un IVI de 16.58%.

Suatunce y Salazar (2019) manifiestan que, en el bosque protector Pedro Franco Dávila de Guayaquil, Ecuador, se registraron 27 familias, 47 géneros, 48 especies y 319 individuos; en las secciones BPI y BMI se presentaron 17 familias, y en la sección BSI únicamente 15 familias. Con respecto a géneros y especies, la zona BPI obtuvo la mayor riqueza en géneros y especies (31), mientras que la mayor abundancia se presentó en el BSI con 110 individuos. La mayor cantidad de individuos se registraron en las especies: *Triplaris cumingiana* (fernán sánchez) con 33 y *Castilla elastica* (caucho) con 30 en todas las secciones del bosque. Mediante el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) se concluyó que en las secciones BSI, BPI y BMI, las especies con mayor IVI fueron: *Anacardium excelsum* (caracolí) (10.89%), *Coussapoa villosa* (matapalo) (16.16%), *Gallesia integrifolia* (palo de ajo) (10.01%), respectivamente. Mientras que, de acuerdo con el Índice de Importancia Forestal (IVF), se llegó a la conclusión que en las secciones BSI, BPI y BMI, las especies con mayor IVF fueron: *Albizia saman* (samán) (10.12%), *Coussapoa villosa* (matapalo) (9.15%) y *Gallesia integrifolia* (palo de ajo) (9.19%), respectivamente.

Cueva et al. (2019) indican a través de un estudio que la elevación (altitud) afecta tanto a la composición florística como la estructura del bosque seco andino y la

biomasa arbórea, se realizó en Loja, Ecuador. Se instalaron 3 parcelas las cuales tenían forma de “L” a las que se le denominó como Conglomerados, estos estaban ubicados en una altitud que variaba entre los 1.750m a 2.320 m.s.n.m; en las parcelas con un área de 0.36 ha se evaluaron solo los árboles que tuvieran un diámetro ≥ 10 cm y en las parcelas de 0.04ha se midieron árboles con un d.a.p. ≥ 5 cm. La biomasa fue estimada según las ecuaciones alométricas generadas para Bosques secos tropicales y se calcularon los parámetros ecológicos y dasométricos. Se identificaron 23 familias, un morfotipo en 35 géneros, 39 especies en un total de 2012 individuos evaluados; las familias Asteraceae, Fabaceae y Myrtaceae presentaron una alta diversidad de especies; las especies de importancia ecológica fueron *Myrcianthes sp.*, *Lafoensia sp.*, *Xylosma sp.*, *Mauria heterophylla* y *Vachellia macracantha*; el área basal de la masa forestal fue de 29.48 m², y la biomasa total fue de 565.44 Mg/ha⁻¹. Finalmente se determinó que la variable topográfica tal como la altitud es de gran relevancia con respecto a la biodiversidad, ya que en la investigación realizada se observó el aumento de riqueza, biomasa y de estructura en el bosque seco andino es proporcional al incremento de altitud.

Jadán et al. (2017) concluyen que la variación climatológica (temperatura), topográfica (altitud), fisiográfica y geológica están relacionadas con la estructura y composición florística dentro de las comunidades forestales según las sucesiones cronológicas. Se evaluaron bosques secundarios alto andinos donde se identificaron 3 comunidades forestales, dando como resultado de la evaluación que el mayor valor de diversidad se registró a una mayor altitud y menor temperatura, con respecto a la riqueza y área basal de especies no se identificó patrones similares identificados en bosques tropicales andinos.

Hernández y Giménez (2016) en el bosque Chaco Serrano ubicado en el país de Argentina, analizaron la composición florística y diversidad estructural determinando estas componentes mediante el censo de especies maderables, en la cual identificaron exactamente 63 especies, 44 géneros y 23 familias. Tres del total de las familias identificadas fueron las que presentaron una cantidad elevadas de géneros las cuales son: Anacardiaceae (6.4%), Fabaceae (25.4%) y Solanaceae (7.0%). El 30% de las

especies maderables identificadas se les denominan árboles y el porcentaje restante fueron clasificadas como arbustos. La *Caesalpinia paraguarensis* es la especie más común pero no la más abundante ($D_r = 0.81$), seguida de la *Ruprechtia apétala* y *Ruprechtia triflora*, que además tienen alta densidad ($D_r = 15.87$ y $D_r = 12.82$ respectivamente). Al analizar la estructura vertical, se aplica un índice de ubicación sociológica a los estratos de árboles y arbustos, definiendo la relación de la altura total de todos los individuos en ambos estratos. Esto se ajusta a una regresión exponencial con $R^2 = 0.99$. En el estrato arbóreo, la altura total oscila entre un mínimo de 3.77 m y un máximo de 16 m.

Martinez - Sanchez (2016) afirman que, en el bosque subperennifolio (selva mediana) ubicado en el estado mexicano de Tabasco lograron identificar 27 especies en un total de 211 árboles y por hectárea se hallaron 129 palmas, en donde solo se evaluaron individuos que tuvieran un D.A.P. de 28.0 cm y mayores a 20 metros de altura solo 9 individuos. En el bosque perennifolio (selva alta) hallaron 66 especies 594 individuos por ha, la media con respecto al diámetro fue de 21.2cm y del total se identificaron que 36 árboles alcanzaron una altura mayor a 20 metros; así mismo presentaron un índice de variedad estructural de 2.76 - 6.737 siendo significativamente mayor ($p < 0.01$) a diferencia de la selva mediana. Según el índice de Gini se determinó que en la selva alta (0.61 y 0.494) hay una mayor variación los árboles con respecto al diámetro y altura con respecto a los de la selva mediana (0.583 y 0.419). Por todo lo expuesto anteriormente el autor concluye que existe una mayor diversidad en el bosque perennifolio y que los índices de diversidad estructural son una herramienta capaz de reflejar la variedad y complejidad de la estructura de la comunidad forestal.

Soto (2016) en la ciudad de Tingo María, exactamente en el BRUNAS realizó un inventario de las parcelas permanentes de medición, para ello se midieron, colectaron e identificaron especies leñosas con un diámetro mayor o igual a 10 cm. Evaluando 65 individuos y obteniendo como resultado la identificación de 108 especies, 79 géneros y 35 familias; las familias con gran variedad fueron: Lauraceae, Moraceae y Moraceae; los géneros con mayor diversidad *Pourouma*, *Ocotea* y *Miconia*; las especies con una gran abundancia en las parcelas son *Senefeldera*

inclinata, *Parkia panurensis*, *Casearia ulmifolia*. El coeficiente de determinación fue de 0.96 en la curva de especie-área y un valor 1/6.1 con respecto al coeficiente de mezcla lo que nos indicaría que es un bosque heterogéneo; la distribución según la clasificación diamétrica presentó una “J” invertida lo que sería una característica propia de los bosques heterogéneos tropicales y disetáneos, lo que afirmaría la tendencia del Bosque en estudio (BRUNAS) sin perturbación.

Němec (2015) investigo sobre la Comparación del método moderno de inventario forestal con el método común de gestión de selva tropical en la Amazonia Peruana Dispositivos electrónicos compuestos por computadora de campo, láser. Para la recolección de datos se utilizó un telémetro, una brújula electrónica y una unidad de sistema de posicionamiento global. bosque húmedo tropical de la Amazonía peruana con el objetivo de comparar métodos de inventario forestal. El rodal se estudió mediante mapeo de árboles para obtener dimensiones espaciales y características básicas de los árboles. El inventario realizado en 200 hectáreas de bosque en el Departamento de Loreto se compararon con el inventario realizado utilizando el método común (cintas y compases mecánicos). Se creó un mapa del sitio de estudio. Atributos de todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) ≥ 400 mm, se registró lo siguiente: posición, especie, altura total, altura del tronco y d.a.p. El estudio demostró que el método que utiliza dispositivos electrónicos era más preciso y más rápido. La diferencia en el stock de madera medido por ambos inventarios fue de $24.5\text{m}^3\text{ha}^{-1}$. Nuestros resultados pueden desempeñar un papel importante papel económico en la planificación y gestión forestal de la región. Mitigación de imprecisiones.

Pallqui et al. (2014) estudiaron nueve PPMs en la región de Madre de Dios las cuales estaban establecidas en el de la Reserva Nacional de Tambopata, estas parcelas fueron instaladas por RAINFOR; donde el objetivo de la investigación fue la evaluación de la dinámica y biomasa aérea almacenada en los bosques húmedo tropical. La metodología empleada fue la propuesta por RAINFOR. Chave et al. (2005) estableció las ecuaciones para Bosques húmedas tropicales las cuales fueron utilizadas para la estimación de biomasa. Durante el 2003 y 2011, se analizó la dinámica

de la biomasa separada por períodos censales. Finalmente se obtuvieron los siguientes resultados: 531 especies, 219 géneros y 64 familias; en las parcelas donde se identificaron pantanos se observaron una composición florista muy diferentes a las otras parcelas las cuales presentaron similitud; Anualmente la tasa de reemplazo es de 2.02%, la de mortalidad es de $2.12 \pm 0.52\%$ y de reclutamiento de $1.92 \pm 0.49\%$; en cada censo se registró una variación en la dinámica de biomasa obteniendo una ganancia neta total de 1.96, 1.69 y -1.23Tha^{-1} .

Porras-Jiménez et al (2014) realizaron una investigación en un área de 2500 m² conformado por 6 PPM, en el Parque Nacional Isla del Coco en el país costarricense, determinaron la caracterización de la composición y estructura florística en esta área en el año 2012; para la evaluación se tomaron en cuenta solo los individuos que contaran con más de 5cm D.A.P. y así mismo las características evaluadas fueron la forma y posición de la copa, la altura total y lianas. Se lograron identificar 16 especies de las cuales 6 eran especies endémicas; la estructura vertical en el caso del dosel inferior disminuye a 14 a diferencia del dosel superior que es de 5; se registró que la especie *Sacoglottis holdridgei* fue la única con una distribución horizontal y vertical en el bosque; en la primera clasificación diamétrica la especie *Cyathea alfonsiana* fue identificada con la mayor densidad (1202 árboles/ha) pero en general la abundancia del bosque evaluado fue de 1653 ± 362 árboles/ha; las especies *C. alfonsiana*, a *S. holdridgei* tienen un porcentaje de 23% y 62.5% con respecto a el área basal, el cual el total fue de $21.53 \pm 2.01 \text{m}^2/\text{ha}$. Los autores concluyeron que con respecto a la altitud si presentaron diferencias significativas en los IVIs de algunas especies estudiadas y así mismo los índices de diversidad; el estudio de las condiciones climáticas, altitudes y las diferentes especies nos permite tener un indicador de las consecuencias del cambio climático lo que ocasionaría que la población valore la dinámica estructural y la composición en un ecosistema.

Pinedo (2013) utilizó el software Fiel-Map en el BRUNAS con la finalidad de determinar la composición florística en un área de medición permanente (PPM) de 100 m x 100 m. El IVI fue conformado por las siguientes especies las cuales alcanzaron una jerarquía de 165,83%: *Inga altissima* Ducke, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.),

Iryanthera laevis, *Pourouma minor*, *Schefflera morototoni* (Aubl.), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, y *Cecropia membranacea* Trécul.; las especies registradas con un índice de repetición, siendo el 44,94% del total son las siguientes: *Enterolobium cyclocarpum*, *Schizolobium parahyba*, *Iryanthera laevis*, *Pourouma minor*, *Cecropia membranacea*, *Inga altísima* y *Schefflera morototoni*; las especies *Schizolobium parahyba* y *Schefflera morototoni* son de alta dominancia, pero no fueron establecidas como especies dominantes; la *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke fue la especie con área basal mayor, pero en general las especies dominantes lograron un alto porcentaje (70.96%) de área basal total (29.2m²) estas fueron las siguientes: *Schizolobium parahyba*, *Cecropia membranacea*, *Pourouma minor*, *Iryanthera laevis*, *Inga altísima* y *Schefflera morototoni*. Las especies vegetales con mayor predominancia abarcaron un porcentaje de 60,25 del total, donde se evaluaron alrededor de 624 individuos (entre palmeras, árboles aprovechables y fustales), las cuales fueron: *Iryanthera laevis*, *Inga altísima*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pourouma minor*, *Cecropia membranacea*, *Schizolobium parahyba* y *Schefflera morototoni*.

Zarco - Espinosa (2010) realizaron una investigación en el Parque Agua Blanca, ubicada en Tabasco (México), donde se establecieron 4 unidades de muestreo de 50 x 50m (0.25ha) las cuales fueron colocadas aleatoriamente y los datos registrados fueron las variables dasométricas (D.A.P. \geq 1cm) y siendo el objetivo de este trabajo el determinar el estrato vertical y distribución horizontal, así mismo la diversidad de especies y el cálculo de los índices de importancia estructural; los resultados fueron los siguientes: se identificaron dos estratos inferior (< 9m) y superior (> 9m); fueron clasificadas 40 familias siendo la más diversa en especies la familia de la Meliaceae (14), seguida de la Fabaceae (8) y Moraceae (7), 57 géneros y 71 especies; en cuanto género *Chamaedorea* (Arecaceae) fue de mayor relevancia en cuanto a los índices de importancia estructural y así mismo estas también *Rinorea guatemalensis* (Violaceae) y *Astrocaryum mexicanum* (Arecaceae). La diversidad y riqueza de las especies fueron significativas según los índices de Shannon (H') y Margalef (D), donde la cuarta Unidad de Muestreo fue significativamente menor a diferencia de las otras las cuales fueron similarmente iguales. El PEAB obtuvo valores intermedios con respecto a la

cantidad de individuos arbóreos por hectárea, así mismo según la diversidad de Fisher es intermedia en esta selva y los valores de riquezas son bajos.

Zamora Ávila (2010) analizó la estructura y composición florística de un bosque de transición húmedo y seco en Miramar, Costa Rica, donde se instalaron ocho PPM con un área total de 2 ha. Se obtuvieron los siguientes resultados: 69 especies, 53 géneros y 32 familias; el área basal fue de 31.38m²/ha, donde el dosel registró un 35 m de altura denominándolos piso superior a los árboles mayores a 23 metros, entre 11 y 23 metros de altura como piso medio y menores a 11 metros el piso inferior, pero según la clasificación diamétrica los individuos mayores a 100 cm obtuvieron un área basal de 7.32m²/ha; la curva del número de individuos tomó forma de una J invertida; se determinó que es bosque estudiado es poco diverso y esto se pudo concluir según el Índice de Shannon (1.32), de uniformidad de Shannon (0.72) y el de Simpson (0.09); la especie *Luehea seemannii* Triana y Planch fue la que obtuvo un mayor valor de IVI; finalmente el autor llegó a la conclusión que la presencia de lianas sería un factor que afectaría al crecimiento de diversos individuos por la competencia de nutrientes, agua y luz.

Chave et al. (2006) mencionan que la densidad de la madera varía en más de un orden de magnitud entre especies, con una media general de 0.645 g/cm³. Nuestro análisis geográfico mostró disminuciones significativas en la densidad de la madera con el aumento de la altitud y diferencias significativas entre las regiones geográficas de baja altitud:

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Índice Valor de Importancia (IVI)

El IVI determina que especies presentes en un ecosistema son los que contribuyen en el carácter y estructura de este (Cottam y Curtis, 1956). Se obtiene mediante la adición de la densidad, dominancia y frecuencia relativa.

Lamprecht (1990) manifiesta que a partir de la media de la suma de los valores relativos de la dominancia, abundancia y frecuencia relativa se obtiene el IVI. Por su

parte Matteucci y Colma (1982) manifiestan que este Índice se utiliza principalmente para realizar la comparación de diversas comunidades en función de las especies que alcanzan los valores más altos y se consideran ecológicamente más importantes dentro de una comunidad determinada.

El Índice de Valor de Importancia es utilizada esencialmente para realizar la comparación entre las comunidades boscosas en función de las especies que alcanzan el valor más alto y se consideran ecológicamente más relevante en una comunidad específica (Matteucci y Colma, 1982).

a. Dominancia

La dominancia es la magnitud de cobertura alcanzada por las especies, es decir el espacio que ocupan la población boscosa. En el análisis de las comunidades forestales se tiene en cuenta que la sumatoria de la proyección de las copas, en el caso de las copas que son imposibles realizar mediciones no se realizan las evaluaciones, sino que se utilizan las áreas basales como reemplazo del real valor de dominancia (Lamprecht, 1990).

La dominancia relativa y absoluta es el valor del área basal expresado en m² por cada especie donde la participación por especie se observa en porcentaje, todo esto es manifestado por el autor antes mencionado. Vista de esta manera, la dominancia permite medir el potencial de un entorno y es un parámetro muy útil para determinar la calidad de un lugar, tanto dentro de la misma zona habitacional como en comparación con otras zonas habitables.

b. Abundancia

En la clasificación de la abundancia, se distingue entre la abundancia absoluta y relativa. La abundancia absoluta se define como el número de especies arbóreas por hectáreas, mientras que la abundancia relativa sería la proporción porcentual de las especies en función de la cantidad total de individuos presentes (Lamprecht, 1990).

c. Frecuencia

Se define como la repetición de un valor específico de la variable en estudio. En este contexto, la abundancia absoluta se relaciona con la regularidad de la distribución de cada especie dentro de un sitio. Por otro lado, la abundancia relativa se refiere a la relación entre la abundancia absoluta de una especie y la abundancia absoluta total de todas las especies presentes. En conjunto, estos conceptos proporcionan una comprensión más completa de la estructura y distribución de las especies en un determinado entorno (Lamprecht, 1990).

2.2.2. *Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva- BRUNAS*

En la ciudad de Tingo María, se encuentra la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), que posee un área boscosa propia conocida como BRUNAS, caracterizada por pertenecer a la selva alta. En términos generales, se podría afirmar que, en la región de Huánuco, específicamente en la provincia de Leoncio Prado, esta zona forestal experimenta una menor intervención o alteración humana en comparación con otras áreas (Puerta y Cardenas, 2012).

2.2.3. *Aspecto legal*

Desde 1942, Estados Unidos y Perú suscribieron un acuerdo que condujo a la creación de la Estación Experimental en la ciudad de Tingo María. En 1964, con el inicio de la creación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), esta área previamente establecida pasó a ser administrada por la institución, dando lugar a la formación de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR). Este proceso refleja la colaboración y la evolución de los recursos académicos y científicos en la región a lo largo del tiempo. El año 1979, el Bosque Reservado fue creado e iniciado su funcionamiento como una unidad académica adscrita al área académica de Manejo Forestal de la FRNR, esta medida fue aprobada mediante la resolución No 0801-2006-COG-P•R 1376-UNAS (Gutiérrez, 2007).

2.2.4. Bosques y cambio climático

Los ecosistemas boscosos y el cambio climático tienen una relación muy estrecha; por un lado, los cambios con respecto al clima a nivel mundial están perjudicando a los bosques debido al aumento de la temperatura media anual, a la alta variación de las precipitaciones y a la aparición de más fenómenos climatológicos extremos. Por otra parte, el material leñoso y los bosques son sumamente necesarios para la producción de captura y almacenamiento de CO₂, aportando considerablemente a la mitigación del cambio climático (FAO, 2006).

En el planeta se enfrentan grandes desafíos y uno de ellos es el cambio climático, que consiste en la modificación del clima global a causa del aumento del porcentaje de Gases de Efecto Invernadero (GEI) presentes en la atmósfera; lo cual se relaciona principalmente con las actividades humanas tales como: la deforestación e incendios de los bosques, el uso excesivo de combustibles fósiles, los procesos industriales, entre otras actividades (SEMARNAT, 2018).

Según FAO (2015), Perú está posicionado como el segundo país con una gran extensión de bosques amazónicos, bosques tropicales ocupa el cuarto puesto (superando a el Congo, Indonesia y Brasil) y con respecto en bosques primarios se posiciona en el sexto lugar según Global Forest Resources Assessment del año 2015, además es considerado entre los diez países con mayor superficie de bosques.

A nivel mundial, Perú es considerado como una muy importante reserva de carbono debido a la inmensidad de la superficie boscosa; no obstante, la tasa de pérdida de bosques es de gran magnitud y aumenta aceleradamente, siendo este el factor del 51% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero en el Perú (MINAM, 2016).

Dado que, a su alta capacidad para capturar y almacenar el carbono, los ecosistemas boscosos es la opción más eficiente económica para la eliminación de carbono hallada en la atmósfera mediante la gestión forestal sostenible.

En estos ecosistemas, se encuentran árboles y otras plantas que, a medida que

crecen, realizan la absorción de significativas cantidades de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. Posteriormente, almacenan el carbono (C) resultante en la biomasa de diversas partes, como hojas, flores, frutos, ramas, tallos y raíces. Este proceso contribuye a la mitigación del cambio climático al reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera y al mismo tiempo promueve la acumulación de carbono en la vegetación. (Walker et al., 2011).

En los ecosistemas boscosos, las encargadas de la absorción de altas cantidades de CO₂ en la atmósfera son las especies arbóreas y algunas plantas, dándose el almacenamiento en tallos, raíces, tallos, flores, ramas, hojas, frutos y biomasa de las hojas (Walker et al., 2011).

2.2.5. Gases de efecto invernadero

Según el MINAM (2015), los gases de efecto de invernadero los cuales son los causantes del calentamiento global (estos fueron establecidos en el Protocolo de Kioto) son los siguientes: CO₂, CH₄ y N₂O, también se incluyen algunos gases industriales fluorados como: HGC, PFC Y SF₆.

Hasta el momento el Perú ha elaborado inventarios nacionales de gases de efecto invernadero con años de base del 2012, 2010, 2005 y 1994, lo que permite identificar los sectores con más emisiones para facilitar las medidas nacionales de gestión de emisiones (MINAM, 2016).

La información derivada del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2012 ha sido registrada y documentada en la Tercera Comunicación Nacional del Perú presentada ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Este informe proporciona una evaluación detallada de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el país, ofreciendo una visión integral de la contribución peruana al cambio climático (CMNUCC).

2.2.6. Biomasa y carbono almacenado

Sebastián et al. (2010) mencionan que la biomasa es un material orgánico producido por procesos biológicos presentes por encima y por debajo del suelo en un

determinado ecosistema forestal. Por otra parte, Schlege et al. (2001) nos indican que este material está compuesto por diversas materias, pero la más resaltantes son: ramas, hojas, raíces, hojarasca, tallos y madera hallada en el suelo. Asimismo, Oliver (1981) define a la biomasa como un material vivo existente en un espacio y tiempo determinado. Puede expresarse como peso fresco o seco por unidad de superficie: g/m²; kg/m²; ton/ha. En las plantas, la materia viva siempre está separada de la materia muerta, que son las ramas muertas y las hojas caídas del suelo.

Brown (1997) determinó que la investigación con respecto a la Biomasa tiene como objeto el comprender los ciclos de nutrientes y energía, así mismo con el ciclo del dióxido de carbono el cual la finalidad es observar los efectos de las plantas durante este ciclo global. Por otra parte, Figueroa y Redondo (2007) nos mencionan que existe entre un 45% y 50% de carbono en el tejido vegetal. Durante la fotosíntesis, las plantas absorben más cantidades de Carbono a diferencia de la respiración, el cual es el proceso de oxidación, convirtiéndose así en depósitos naturales de CO₂.

La estimación de las reservas de carbono y otros elementos químicos existentes en la biomasa de los bosques es un factor muy importante para la determinación de los compuestos y conocer el potencial de este elemento al liberarse a la atmósfera o utilizarse para el manejo forestal, protegiendo y consolidando áreas con la finalidad de disminuir las emisiones de los gases causantes del efecto invernadero (Brown et al., 1997).

Chao et al. (2009) indicaron que mayoritariamente el almacenaje del carbono se encuentra en la biomasa; la materia muerta contribuye aproximadamente 9,6 Pg C.

Cubero y Rojas (1999) puntualizan que las condiciones edafológicas y el periodo de crecimiento de las plantaciones forestales tiene influencia sobre el contenido de carbono estimado en la biomasa arbórea. Sin embargo, Achard et al. (2014) con respecto al carbono terrestre indican que existe una variación que afecta a la cantidad de carbono presente esto a causa de factores físicos (T°, topografía, precipitación, etc.), biológicos (estructura del bosque, edad, etc.) y antropogénicos (nivel de intervención humana en suelos forestales).

Por otra parte, existe interés en el desarrollo de sistemas de pago relacionados con el almacenamiento de carbono. La preocupación por disminuir la concentración

de CO₂ y otros gases causantes del efecto invernadero en la atmósfera ha llevado a la gente a firmar acuerdos internacionales para tratar de adaptarse y mitigar el cambio climático a través de incentivos económicos (Stern, 2006).

2.2.7. *Ciclo del carbono*

En la vida la unidad esencial es el carbono, este contribuye a ciclos importantes en el desarrollo de todos los organismos. Dicho elemento se almacena en sedimentos como los océanos alcanzando unos 38 000Gt (siendo el mayor almacén de carbono), 560Gt en plantas, 15 000Gt en el suelo y 750Gt en la atmósfera, circulando activamente entre ellos (FAO, 2002).

Según Valtueña (2002), la fijación del C inorgánico da inicio al Ciclo del Carbono el cual se encuentra presente en la atmósfera, esto a causa de las actividades antropogénicas, incendios, erupciones volcánicas y respiración biológica. El carbono orgánico se obtiene a partir del proceso de la fotosíntesis la cual es realizada por microorganismos y plantas.

Durante la fotosíntesis, sucede una reacción entre el agua y el dióxido de carbono formando así carbohidratos y liberando a la atmosfera moléculas de oxígeno. Las plantas obtienen energía ingiriendo algunos carbohidratos y liberan anhídrido carbónico a través de sus hojas y raíces. Al mismo tiempo, algunas partes de ellas son consumidas por los animales que luego de un proceso metabólico liberan dióxido de carbono. El ciclo finaliza cuando los animales y plantas mueren, ayudando a la descomposición los microorganismos que se encuentran en el suelo, provocando la oxidación de los tejidos logrando convertirlo en CO₂ y liberando este compuesto a la atmosfera, iniciando nuevamente el ciclo (Orellana-Rivadeneira et al., 2012).

2.2.8. *Estimación de biomasa aérea*

Para la estimación de la biomasa aérea requiere necesariamente realizar directamente un análisis destructivo (Brown et al., 1989); mientras que, el segundo caso es más práctico, ya que consiste en la estimación indirecta de la biomasa aérea.

Para ello, se necesita una función que calcule la biomasa total en función del

tamaño y dimensiones del árbol; es decir, una función matemática basada en las relaciones alométricas que ocurren entre órganos individuales.

La medición de la cantidad de materia orgánica presente se lleva a cabo con el propósito de examinar la eficiencia de los ecosistemas y la contribución de los bosques amazónicos al ciclo del carbono. Asimismo, Brown (1997) menciona la existencia de otros dos métodos, los cuales son:

- a. Métodos directos. Consiste en determinar el contenido de biomasa, talando una especie arbórea y midiendo directamente el peso de las partes del árbol tales como las ramas, raíces, tronco y hojas.
- b. Métodos indirectos. Se basa en la determinación del contenido de carbono sin un análisis destructivo (sin talar) mediante el cálculo con modelos matemáticos y ecuaciones alométricas, relacionando así la biomasa del árbol en pie según sus dimensiones (Mireles et al., 2002).

Casanoves et al. (2017) sugiere el uso de modelos específicos en condiciones semejantes a la zona donde se aplicará según la especie que se analizará, fundamentalmente según la densidad y tamaño de los árboles.

2.2.9. Ecuaciones alométricas

La estimación del aumento de biomasa de diversas especies maderables se ha podido lograr mediante los modelos alométricos existentes; no obstante, son pocas las especies con ecuaciones desarrolladas. La elaboración de ecuaciones alométricas se han convertido en herramientas importantes para predecir el incremento de la biomasa de diferentes especies de árboles, pero estos modelos se han desarrollado para un número muy pequeño de especies. La evolución de las ecuaciones alométricas para otras especies forestales presentan algunas dificultades logísticas, operativas y de costos (Aristizábal, 2011).

Considerando lo anterior, los modelos alométricos para un individuo en específico son ecuaciones matemáticas relacionadas a la biomasa según las variables (diámetro, altura de la copa, altura total y altura comercial) de las especies arbóreas

en pie, las cuales puedan medirse con facilidad. (Vallejo et al., 2008).

Existe una variación de biomasa en los componentes de los árboles a lo largo del ciclo de la vida del bosque (Helmisaari et al., 2002). Por ende, la sobreestimación de la biomasa total al aplicar las ecuaciones alométricas, se debe a no tener en cuenta las variables como la altura o edad de la especie o individuo a evaluar (Peich y Arain, 2007).

El cálculo de la biomasa mediante ecuaciones alométricas se puede realizar diseñando una muestra estadísticamente representativa en la que se midan las variables independientes de la ecuación alométrica seleccionada. Los datos finales pueden ser presentados por clase diamétrica (Vallejo et al., 2008).

2.2.10. Estimación de carbono

El almacenamiento del carbono aéreo se encuentra ligado estrechamente con el aumento de la biomasa. (Cubero y Rojas, 1999).

Lo mencionado anteriormente nos explica la gran relevancia de conocer la proporción de biomasa, mediante las ecuaciones alométricas se podrán estimar el contenido de Carbono y la cantidad de biomasa, así poder calcular cuánto carbono se encuentra almacenado en los bosques.

Las investigaciones realizadas en los bosques tropicales con respecto al almacenaje de carbono en la biomasa existente, se adjudica que la biomasa de especies arbóreas en pie correspondería al 50% de contenido de Carbono (Yepes et al., 2011), por ende, es recomendable utilizar 0,5 como factor de conversión de biomasa a carbono.

2.2.11. Field Map

Es un sistema donde se utiliza la tecnología fusionando un hardware y software, con la finalidad de recolectar y procesar la información adquirida en campo. También, esta aplicación fusiona un software GIS el cual es flexible y la información es visualizada en tiempo real al momento de realizar el mapeo y mediciones

dendrométricas. Cabe resaltar que la información recopilada es netamente relacionada en los bosques; en donde la medición parte de la evaluación de árboles por medio de los inventarios ya sea en una parcela de investigación o a nivel paisajístico.

Field Map ha sido creado elementalmente para la realización de inventarios forestales, pero también tienen diversas funciones para la recopilación de la información en campo, tales como: la planificación del manejo forestal mediante la caracterización de zonas forestales, digitalización de áreas boscosas y paisajes, calcular el volumen de los árboles en pie, en las reservas naturales se ha podido realizar el monitoreo e inventario de estas áreas, etc.

Este programa tiene como base fundamental, la utilización de equipos de dispositivos topográficos tradicionales o electrónicos tales como la brújula electrónica, láser rangefinder, forcípula electrónica o el GPS. Esta amalgama de dispositivos permite realizar las mediciones y almacenar la información en las computadoras usadas en campo, permitiendo a los usuarios aprovechar al máximo la tecnología.

Field Map está diseñada para computadoras de campo sin teclado y operadas con lápiz óptico que se pueden usar en computadoras con pantallas monocromáticas. La computadora de campo debe tener al menos un puerto serial ya sea el USB, Bluetooth o RS232 con el objetivo que la comunicación entre dispositivos y el Field Map sea práctica y en un tiempo optimizado.

a. Características de Field Map

El Field Map está creada para tolerar condiciones de humedad y temperaturas extremas y así realizar una óptima recolección de datos de campo, este programa además nos brinda la georreferenciación y cuantificación de los datos adquiridos. MAP GEOSOLUTIONS (2010) nos recalca que en la fase de gabinete los usuarios realizan la integración de la base de datos; asimismo, el autor resalta que es uso práctico de los dispositivos (láser, brújula electrónica, relascopio, computadoras de campo, gps, etc.) usados en la toma de datos nos ayuda a analizar la información de

forma eficiente, eficaz y confiable, convirtiéndola así en una opción ideal para la adquisición de datos en campo.

b. Componentes de hardware Field Map

- Handheld Algiz 10x
- TruPulse 360R
- Filtro foliar
- Bastón de medida telescópico
- Reflector circular
- Trípode de carbono con base de nivelación
- Soporte para láser rangefinder TruPulse 360R

c. Software de Field Map

El software de Field Map consta de 4 partes:

- Field Map Project Manager
- Field Map Data Collector
- Field Map Stem Analyst
- Field Map Inventory Analyst

d. Ventajas de la tecnología Field Map

La tecnología Field Map tiene varias ventajas comparado con el método tradicional. Entre los más resaltantes están:

- Capacidad para preparar un proyecto de medición a partir del cual se genera automáticamente una estructura de base de datos para uso en campo.

- El objeto evaluado solo puede tener un valor de atributo, no se aceptan información redundante.
- La incorporación del GPS en el dispositivo posibilita hallar las coordenadas ya conocidas en campo, utilizando la información del azimut, dirección y distancia.
- El margen de error se reduce mínimamente debido a la optimización de transmisión de información de los dispositivos utilizados en campo para la base de datos. Adicionalmente, en caso sea necesario las mediciones se pueden validar directamente en la zona de estudio.
- Se tiene la posibilidad de desarrollar y añadir módulos como mayor complejidad; tales como, las ecuaciones de biomasa, tablas de volumen, modelos de rendimiento y crecimiento, etc.
- Esta tecnología tiene una alta compatibilidad con programas de análisis y procesamiento estadísticos como el dBase, Paradox y MS Access, etc. La visualización y el análisis espacial de varios programas SIG (Mapinfo, SPANS, Arcview, etc.) sin ningún tipo de conversión.
- El sistema operativo de Windows es práctico uso, por lo que no se necesita ningún tipo de programador especial para las aplicaciones del Field Map.

e. Aplicaciones de Field Map en el mundo

Field Map se utiliza en 35 países (22 países europeos). Se ha utilizado en 8 inventarios nacionales (Rusia, Irlanda, Bélgica, etc.), y en más de 100 proyectos paisajísticos, medio ambientales y de investigación.

En país europeo de Irlanda, el Servicio del Bosque del Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación junto al IFER, llevaron a cabo el Inventario Nacional Forestal Irlandés (INFI) realizando con el apoyo de la tecnología de Field Map; este inventario fue realizado en noviembre en el año 2004 finalizando este proyecto en el 2006. Los resultados obtenidos fue el cálculo de los volúmenes de las

especies arbóreas en predios privados y públicos, para esto se realizó la evaluación sistémica de alrededor de 1747 parcelas en un área de 2x2 km, donde cada parcela era en forma circular teniendo un diámetro de 100 (Department of Agriculture, 2007).

Eslovenia realizó un Inventario Nacional Forestal (INFE) donde se utilizó el programa Field Map para la recolección de datos en campo; en este inventario mediante los diagramas de muestreo se logró la cubicación por cada especie, la altura fue estimada por el método bifásico y se generaron modelos biométricos (Šmelko y Merganič, 2008).

En Rusia se llevó a cabo el Inventario Nacional (INR) el cual inició en el 2008, siendo este un proyecto de gran magnitud abarcando un área de 1 700 000 hectáreas. Este inventario es considerado uno de los más complejos debido a la metodología, tecnología, tiempo de duración, alcance de área y requerimientos lingüísticos; se implementaron 300 brigadas las cuales requirieron 300 unidades de Field Map. Se estima que la duración del inventario será de 10 años, donde se evaluarán 170000 de parcelas siendo estas de forma circular y con 250 metros de diámetro (IFER, 2011).

INFAPRO en el año 2007, mediante el auspicio de FACE (Fundación Holandesa) realizó el seguimiento de carbono en Sabah (Malasia), con la finalidad de calcular el carbono acumulado en los bosques de esta área por medio del inventario. Las áreas de monitoreo abarcan 20000 hectáreas, las parcelas tienen una forma circular (IFER, 2011).

f. Aplicaciones de Field Map en el Perú

En Iquitos se ejecutó en el año 2008, el primer censo forestal usando códigos de barras, denominándolo el primer censo electrónico realizado en el Perú usando la tecnología Field Map. Las dimensiones fueron de 2000x50 metros aplicando la metodología de las fajas en campo (MAP GEOSOLUTIONS, 2010).

Se realizó un censo forestal en el 2009 en la selva de Cusco para una empresa petrolera. La evaluación se realizó a las especies arbóreas, donde se tomaron medidas de diámetro por encima de los 20 cm de altura y también se contabilizó la

regeneración natural, las dimensiones de las parcelas para fustales, latizales y brinzales son de 10 x 10 m, 5 x 5 m, y 2 x 2 m, respectivamente (MAP GEOSOLUTIONS, 2010).

En la Reserva Paisajística de Nor-Yauyos se recolectó información de los componentes de la biodiversidad y de los recursos naturales, el MINAM recomendó la utilización del programa de Field Map. Así mismo las especies Puya, Lloque, Karkac y Polylopis fueron evaluados mediante un método forestal para los bosques. El inventario forestal se realizó mediante la selección de las especies diseñado por Field Map. Las parcelas tuvieron unas dimensiones de 20x20 cm para las especies anteriormente mencionadas, con una excepción por la Puya donde fue de 10 metros de diámetro.

En Villa Rica con el apoyo de ONG Amazonas, la organización de AgroparisTech-ENGREF (Francia), y la empresa MAP GEOSOLUTIONS, realizaron las instalaciones de diferentes áreas donde ejecutó el monitoreo del Carbono en cultivo de producción de café y arboles (sistemas agroforestales). Las parcelas se midieron electrónicamente utilizando Field Map. Se recopilaron datos sobre el diámetro de copa, altura del árbol, se evaluaron la sanidad y calidad de las plantas de café. Las dimensiones de las parcelas fueron de 20 x 20 m y 10 x 10 m para café y 500 x 10 m para árboles (MAP GEOSOLUTIONS, 2010)

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Tipo de bosque

Se entiende por comunidad vegetal la determinación de la composición florística de una especie vegetativa. El sistema de clasificación se basa en el supuesto de que la composición florística de una sección del bosque explicaría óptimamente la relación creada entre el ambiente y las variedades de plantas presentes en las comunidades vegetales.

La Organización Internacional de las Maderas Tropicales, define al bosque como sociedad natural de especies arbóreas y otras especies vegetativas estrechamente

asociada a la composición botánica específica y una estructura uniforme, el desarrollo de esta comunidad debe darse en condiciones ecológicas iguales y además la composición de especies debe ser invariable en el paso del tiempo.

2.3.2. Caracterización ecológica

La clasificación florística más comúnmente usada es la de especie, las variables como la frecuencia, biomasa, vigor, densidad, área basal o comportamiento también definen la categorización. Los autores indican que la conversión de los datos a valores relativos en variables (rendimiento, área basal o cobertura) tiene una connotación sumamente importante ecológicamente hablando y su intervención en las diferentes categorías vigentes son de gran interés, también IVI se analiza partir de cualquiera de las variables mencionadas. Cabe resaltar que el índice anteriormente mencionado es uno de los coeficientes con mayor representación y utilización, siendo este la sumatoria de la densidad que es la abundancia, área basal (dominancia) y frecuencia por especie para cada unidad de muestreo, el resultado de este índice revela la relevancia ecológica relativa de cada especie y brinda una mayor información que al analizar independientemente cada variable. El valor máximo del índice de importancia es de 300 (Matteucci y Colma,1982).

2.3.3. Parámetros estructurales de la vegetación

Según Tello (1997), las investigaciones con respecto a los parámetros estructurales son de gran relevancia científica y significancia en la aplicación en campo, esto es gran ayuda en el desarrollo de planes de manejo enfocado en la silvicultura a nivel de bosque tropicales. Gracias a los resultados del estudio estructural se puede comprender más de las comunidades forestales con respecto a aspectos esenciales como las propiedades ecológicas, sinecológicas, el origen y tendencias de desarrollo a futuro de los bosques. Asimismo, datos de suma importancia sobre las fortalezas del hábitat del bosque y las especies arbóreas presentes en este.

En Argentina, exactamente en la provincia de Salta, se realizaron estudios de comparación de parámetros estructurales entre áreas de con intervención de tala selectiva en un periodo de 15 años y dos rodales impuesto a la dinámica natural. La

investigación dio como resultado que el manejo forestal en la actualidad no se refleja en los mecanismos de la regeneración natural por ende no se podría realizar una producción sostenible de los bosques (Pinazo y Gasparri, 2003).

2.3.4. Estructura horizontal

La afirmación de Jardím y Hosokawa (1986) destaca que, al definir la estructura horizontal de un área boscosa, se emplean diversos parámetros que proporcionan información sobre la ocupación del suelo. Estos parámetros incluyen valores de dominancia, frecuencia relativa y abundancia. La utilización de estos indicadores permite representar de manera efectiva la distribución y presencia de especies dentro del área boscosa, proporcionando una visión detallada de la composición y organización horizontal del ecosistema.

En la investigación realizada por Jiménez-Pérez et al. (2009), se logró determinar por medio de una exhausta comparación del análisis estructural de tres áreas con diferentes usos de suelo (agricultura, ganadería y matarrasa) evidenciando significativamente que el cambio del uso del uso tiene consecuencias en la diversidad de especies, distribución vertical, indicadores ecológicos y estructuras dimensionales.

– Índice de valor de importancia (IVI)

Lamprecht (1986) propuso que, el IVI es una manera de cuantificar con la finalidad de asignar categorías de importancia a cada especie y finalmente obtener la sumatoria de la dominancia, frecuencia y abundancia relativa.

Sin embargo, Longhi (1980) indica que la dominancia, abundancia y frecuencia relativa no proporcionan la suficiente información con respecto a la composición florística por tal motivo diversos investigadores han buscado la forma de combinar estas variables en una sola expresión por medio del índice de valor de importancia.

Rodríguez (2001) señala que la *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. Vulgarmente llamada “Huangana Caspi” es la especie dominante en el bosque primaria y en bosques secundarios se determinó que la *Inga alba* (Swartz) Will (Shimbillo) es la especie más abundante.

2.3.5. *Estructura vertical*

Se define a la estructura vertical como la distribución de los diferentes individuos presentes en la parte superior del perfil, siendo esta la distribución que relaciona estrechamente las características de las especies vegetativas y las condiciones micro climáticas (Viento, evapotranspiración, concentración de dióxido de carbono, temperatura y radiación), las cuales cambian conforme avanza desde la parte superior a la inferior en el perfil (Valerio y Salas, 1997).

De igual forma Ramos (2004) añade que la estructura y biomasa se encuentran asociadas en un plano vertical, permitiendo la satisfacción de los requerimientos de cada especie según los diferentes microambientes en donde estén situados; así también como las demandas energéticas de cada especie arbórea, lo cual es fundamental para el posicionamiento del dosel forestal para lograr el acceso de luz solar que demande para individuo.

Según Krebs (1986) plantea que, la disminución de la luminosidad está relacionada con la estructura vertical, ya que uno de los factores críticos para determinar la estratificación de la comunidad forestal es debido a la competencia de la luz solar. Este recurso es muy valioso por ende la competencia por el acceso entre plantas es muy intensa, para lograr la captación de la luz un papel fundamental es la altura de la especie ya que la planta ganadora no es la que presenta mayor porcentaje de copa sino las que captan mejor este recurso.

Monge (1999) sostiene que, la apertura de claros forestales daría inicio un cambio en el desarrollo de las diversas especies que conforman el bosque, ya que muchas especies vegetativas llegan a ocupar un lugar dentro del perfil del bosque, cabe resaltar que no en todos los casos se da de forma permanente, pero este cambio se produce hasta que exista una recuperación del ecosistema y tenga nuevamente la estructura que fue destruida o dañada. Las especies arbóreas también aprovechan estas aperturas para lograr la extensión de sus copas y así poder llenar espacios abiertos.

Según las directrices desarrolladas por IUFRO y citadas por Valerio y Salas (1997), los bosques tropicales suelen estar divididos en tres estratos diferentes, estos

son: Estrato superior, medio e inferior. La dominancia de los individuos en los estratos se puede dar por la variación de los temperamentos para cada especie, a medida que el perfil aumente se puede observar una disminución en la cantidad de individuos y especies por área, así mismo las características físicas del dosel (posición y copa) tienen a mejorar gradualmente permitiendo el desarrollo de la estructura vertical para lograr una caracterización optima del bosque (Hernández, 1999).

Finol (1971) propuso la inclusión de la estructura vertical debido a que el análisis de la horizontal no es suficiente para la investigación del método fitosociológico, con la finalidad de poder explicar el estado de las sucesiones de cada especie presente en los bosques. Este análisis proporciona un enfoque sobre qué especies tienen más probabilidades formar una dinámica a la estructura forestal.

Acosta et al., (2006) mencionan que se puede hacer un analisis en conjunto de los diferentes estratos (arbustivos y arboreos) solo si estos son divididos en estrato inferior, intermedio y superior. Para lograr este analisis los parametros usados son: Reproducción natural y la posición sociológica.

a. Estructura diamétrica

Lamprecht (1962) manifiesta que, la consideración de distribución diamétrica brinda una idea de la representación de las diversas especies según su diámetro. De igual manera Lamprecht (1962) citado por Tello (1995), nos indica que la distribución de los diámetros según su tamaño es un aspecto sumamente importante en las comunidades forestales, siendo este un indicador del crecimiento de la masa boscosa.

Finol (1975) sostiene que la supervivencia de las especies es garantizada según la distribución de diámetros y así mismo es aprovechamiento sostenible de acuerdo a los criterios de sostenibilidad y de rendimientos, además menciona que la evaluación de la distribución diamétrica de la población arbórea se realiza obtener la estructura diamétrica.

La máxima garantía para la supervivencia y existencia de las especies es tener una distribución regular de diámetros, en los estratos inferiores se debe contar con un

gran número de individuos. En caso ocurriera lo contrario, es decir una estructura irregular en los diámetros las especies tienen a desaparecer a lo largo del tiempo (Tello, 1997).

b. Posición Sociológica

La diferenciación entre los árboles con respecto a su altura, dan lugar a los árboles dominantes (dominados, intermedios y codominantes). Los elementos de cada estrato boscoso se clasifican de la siguiente manera (Romero, 2018).

Árboles dominantes:

Son las especies arbóreas las cuales son las más elevadas a diferencia de otras, permitiendo que las copas queden expuestas completamente al sol, tanto en la parte superior y en una proporción por los laterales, las copas son ligeramente comprimidas por sus lados.

Árboles codominantes:

Las copas de estos individuos generalmente forman el dosel del bosque, lo que produciría una exposición completamente bajo el sol, pero recibiendo mínimamente luz directa por sus laterales.

Árboles intermedios:

Son aquellos cuyas copas están bajo el dosel arbóreo, pero se extienden hasta él; estas reciben luz solar mínimamente desde arriba, pero es nula por los lados, el tamaño de las copas de los árboles intermedios suelen ser pequeños.

Árboles dominados:

Las copas de estas especies arbóreas se encuentran completamente cubiertas por el dosel del bosque por lo tanto no reciben luz solar directamente.

El estatus sociológico se refiere a la expansión de las especies vegetativa en forma vertical. Un indicador de la composición florística en los diferentes substratos

de las especies vegetativas y además el rol que tienen cada especie en cada uno Hosokawa (1986).

Acosta et al. (2006) señalan que, el sustrato viene hacer la parte de la masa que se ubicada dentro de un determinado límite de altura, el cual se determina subjetivamente dependiendo de los criterios seleccionados. En términos generales, hay tres niveles que puedes utilizar para aumentar tu perfil: inferior, medio y superior. Si una especie está presente en todos los sustratos, ocupa un lugar permanente en la estructura y composición del bosque. Por otra parte, si ocurre sólo en la capa superior o media, excluyendo aquellos cuya naturaleza no se extiende más allá de las capas superior e inferior, es dudoso que exista en la etapa clímax o climácica.

El método de Finol propone que cada sustrato se le asigna un valor fitosociológico, el cual se obtienen de la división del número de individuos presentes en el sustrato entre el total de la población de todas las especies. Los representantes de los pisos inferiores son las especies con un estatus regular sociológico (Acosta et al., 2006).

En el Parque de Agua Blanca ubicada en el país de México, Zarco - Espinosa (2010) lograron identificar en la distribución de las alturas una clara discontinuidad donde en el estrato superior se observan alturas mayores a 9 metros (13%), en el estrato inferior son menores a 9 metros (87%) (Godínez y López, 2002).

2.4. Bases filosóficas

La teoría filosófica del “Positivismo” sostiene que el conocimiento verídico implica el percibir y probar a través de todos los sentidos es decir debemos descubrir (Phillips et al., 2016).

Así, la filosofía de estudiar los efectos de la altura geográfica, diversidad estructural y biomasa aérea encaja en la ética filosófica positivista de que las acciones serán deterministas y comprobables en relación con los resultados alcanzados, en este sentido también forma parte de la ciencia natural de la elaboración de hechos.

2.5. Bases epistemológicas

2.5.1. Epistemología

Aunque la teoría del desarrollo sostenible y el medio ambiente ha sido documentada a través de tratados y conferencias desde la década de 1970. Puede considerarse un modesto objeto de estudio en la discusión de todas las variedades de ambas teorías, desde el positivismo hasta la fenomenología, desde lo cuantitativo hasta lo cualitativo, en comparación con diferentes disciplinas y ciencias. Sobre los efectos de la altitud geográfica sobre la diversidad estructural y la biomasa aérea.

Los tipos de conocimientos son:

1. Conocimiento científico relacionado con el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente, descripción e interpretación de las alturas geográficas de la diversidad estructural forestal y de la biomasa aérea.
2. Conocimiento comunitario de la diversidad estructural y biomasa aérea, es decir, de lo que se percibe como efecto de la elevación geográfica (altitud).

2.5.2. Axiología

Este estudio investiga el fenómeno de la diversidad estructural forestal y la biomasa aérea, a partir del efecto de la altura sobre dos unidades geográficas, la teoría de los valores ambientales examina las cuestiones del principio de justicia, valores morales, caridad y autonomía; de ahí el reconocimiento actual de la importancia del uso individual de los recursos. Asimismo, la forma en que su comportamiento cambia el medio ambiente es un elemento fundamental de la biodiversidad y ayuda a comprender los mecanismos colectivos de la sociedad.

2.6. Bases antropológicas

En los años transcurridos recientemente, la actividad humana ha afectado

negativamente al medio ambiente, por ejemplo: deforestación, disposición inadecuada de residuos sólidos, contaminación del suelo con productos químicos, etc. La dinámica de las comunidades forestales está sufriendo cambios, causando diversos fenómenos entre ellos el cambio climático, siendo uno de los mayores desafíos que el mundo tiene que afrontar para poder subsistir en el planeta tierra. Los estudios se centran en la gestión forestal sostenible, agregando mitigación después del cambio climático, mediante la estimación de la biomasa aérea en los bosques para su uso futuro mediante la comercialización de Carbono a industrias que buscan compensar las emisiones de Dióxido de carbono.

CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Formulación de las hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Hi₁: La altitud geográfica se observa mayor efecto sobre la diversidad estructural y biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica en el BRUNAS.

Ho₁: La altitud geográfica no se observa mayor efecto sobre la diversidad estructural y biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica en el BRUNAS.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

Hi₁: A menor altitud geográfica se observa mayor efecto significativo sobre la diversidad estructural y biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

Ho₁: A menor altitud geográfica no se observa mayor efecto significativo sobre la diversidad estructural y biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

Hi₂: A mayor altitud geográfica se observa mayor efecto significativo la diversidad estructural y biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

Ho₂: A mayor altitud geográfica no se observa mayor efecto significativo la diversidad estructural y biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

3.2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ÍNDICES
Diversidad estructural	La diversidad estructural no se limita únicamente a las características individuales de los organismos que componen un ecosistema, sino que también es factible de ser analizada hasta el nivel de una especie específica o una clase dimensional determinada, lo que les otorga una gran flexibilidad y aplicabilidad en su estudio (Lozano, 1974).	Índice de valor de importancia	El índice de valor de importancia (IVI) La suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa proporciona una visión integral de la composición de especies en un ecosistema	Abundancia Dominancia Frecuencia	%
		Estructura diamétrica	la estructura diamétrica se analiza mediante la distribución de los individuos en diferentes categorías diamétricas	Diámetro	cm
		Posición sociológica	la posición sociológica implica la valoración fitosociológica de cada estrato de altura de los árboles presentes en el área de estudio.	Alturas por estratos	m
Biomasa aérea	La biomasa aérea viva de las plantas hace referencia a la masa de material vegetal que se encuentra por encima del nivel del suelo. Esta biomasa está mayormente compuesta por tallos, hojas, ramas, y otros componentes similares. No se considera en esta clasificación la hojarasca ni otros materiales en descomposición (Rugnitz, Chacón Y Roberto, 2009).	Altura	Las alturas y diámetros se realizan con tecnología electrónica de los individuos de las especies.	Altura total	m
		Diámetro		Diámetro	cm
		Densidad básica la especie	Las densidades básicas de las especies registradas se obtendrán de la base de datos de densidades a nivel mundial de Zanne et al. (2009) y de la Base de Datos Global de Densidad de la Madera (Global Wood Density Database - DRYAD), que proporcionan valores de densidad básica a nivel de especie, género y familia. Con esta información, se realizarán cálculos de biomasa aérea del bosque utilizando la fórmula propuesta por Chave et al. (2014)	Densidad básica	g/cm ³

3.3. Definición operacional de las variables

Diversidad estructural: La diversidad estructural se refiere a la variabilidad y complejidad de la composición y configuración de los elementos en un sistema

específico. Este término se utiliza en una variedad de campos, y su significado puede variar según el contexto.

Biomasa aérea: Se refiere a la cantidad total de materia seca que pueda existir en un árbol sobre el suelo, a partir de un d.a.p. igual o superior a 10cm, la altura total del árbol y la densidad según la especie.

Índice de valor de importancia: Viene hacer una medida cuantitativa para asignar a cada especie su categoría de importancia y se obtiene sumando la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa.

Estructura diamétrica: Se refiere a la distribución y abundancia de los individuos en una población o comunidad según sus diámetros o tamaños. Esta medida proporciona información valiosa sobre la composición y la distribución de las edades de los individuos dentro de una población o comunidad en un momento dado.

Posición Sociológica: Son las diferencias de altura que se producen dentro de las capas de los arboles las que dan lugar a arboles dominantes, intermedios y codominantes.

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ámbito

El estudio de investigación se realizó en la PPM-1 y 4, ambas parcelas tienen una extensión de 1ha, constituidas en dos unidades fisiográficas en el BRUNAS, a 1.5km de la ciudad de Tingo María al margen derecha del río Huallaga. Políticamente en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. El bosque cuenta con 217.22ha. Las coordenadas UTM del punto inicial de las Parcelas Permanentes de Medición -PPM son los siguientes:

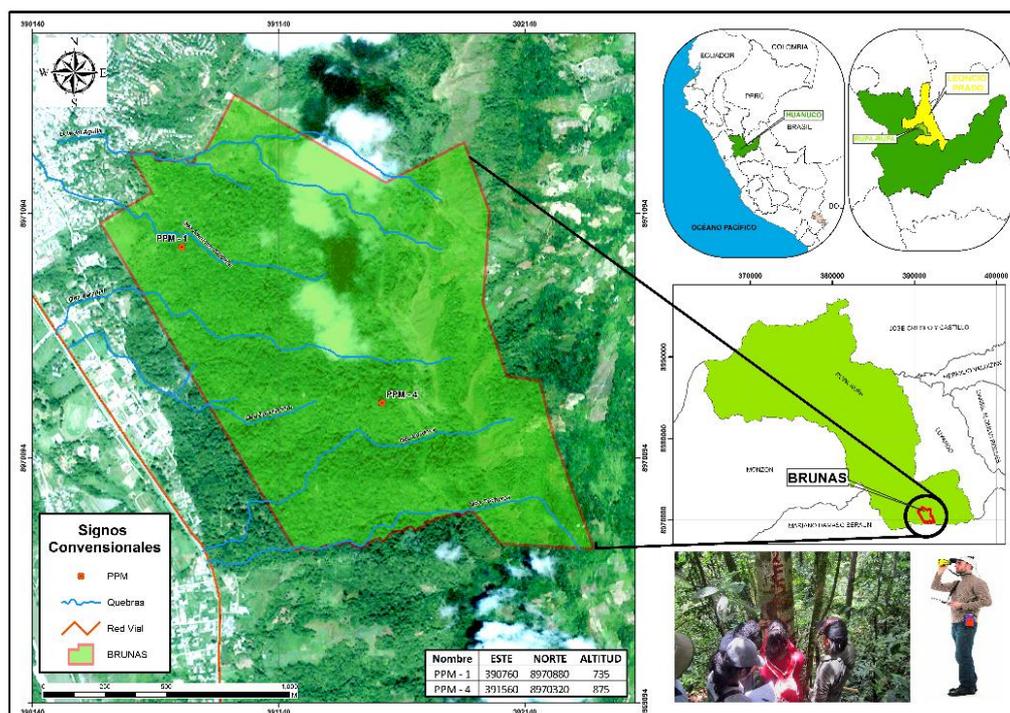
Tabla 1

Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 18 Sur) de la PPM-1 y PPM-4

Parcelas	Unidad Fisiográfica	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas	
			Este	Norte
PPM-1	Colina baja	735	390760	8970880
PPM-4	Colina alta	875	391560	8970320

Figura 1

Ubicación de las Parcelas Permanentes en el BRUNAS



4.2. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación que se llevará a cabo es descriptivo, con un nivel explicativo. En este sentido, se busca responder a las causas de eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, el enfoque está en explicar por qué ocurre un fenómeno y bajo qué condiciones se presenta, o bien por qué existe una relación entre dos o más variables. Se trata esencialmente de determinar las causas de los eventos o fenómenos objeto de estudio en términos de estructura de la vegetación y de la biomasa arbórea.

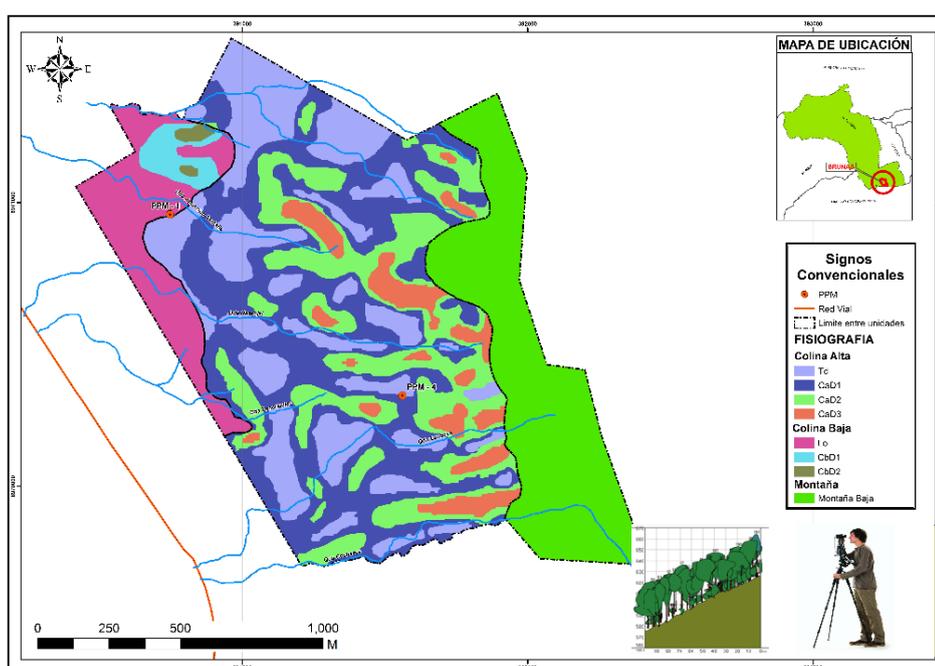
4.3. Población y muestra

4.3.1. descripción de la población

La superficie total es de 217.22ha de las cuales 22.91ha son especies de bosques de colina baja y 150.74ha son especies de colina alta. Las principales especies son: *Parkia panurensis*, *Senefeldera inclinata* y *Casearia ulmifolia* (colina baja) y *Senefeldera inclinata*, *Pourouma minor* y *Otoba parvifolia* (colina alta) (Soto, 2016).

Figura 2

Ubicación de las Parcelas Permanentes 1 y 4 en colina baja y alta respectivamente



4.3.2. Muestra y método de muestreo

La unidad en estudio es una parcela con distancias de 100m x 100m y se consideraron como muestras todos los árboles con punto óptimo de medición $\geq 10\text{cm}$ en las dos áreas de medición permanentes instaladas (PPM-1 y PPM-4) las cuales están instaladas en el BRUNAS de Tingo María.

Se tomaron 50 unidades de investigación, cada una con una superficie de 400m^2 y una muestra de superficie total de $20\,000\text{m}^2$. Para ello los bosques tiene las siguientes características:

- Las áreas en investigación tienen aproximadamente cincuenta años de existencia.
- Presenta una gran extensión homogénea en todo el bosque.
- Permite un fácil recorrido en el área de investigación.

4.3.3. Criterio de inclusión y exclusión

No se tomaron en cuenta las plántulas, brinzales, y latizales para diversidad estructural y hojarasca, herbáceo y sotobosque para biomasa aérea

4.4. Diseño de investigación

Considerando la descripción de Hernández et al. (2014), los estudios corresponden a diseños no experimentales (se evaluaron comunidades y no se manipularon variables), transeccional o transversal (para la recolección de datos la evaluación se realizó en un solo momento y en un tiempo único) de manera descriptiva.

4.5. Técnicas e instrumentos

4.5.1. Técnicas

Análisis de contenido: Se buscó artículos científicos, documentos de bases de conocimiento y sitios web confiables para obtener información sobre las variables de estudio para enriquecer nuestros conocimientos sobre el trabajo de investigación.

Observación: Para dimensionar el diámetro en el POM y altura total del árbol.

Análisis documental: El manual de campo para establecimiento y remediación de parcelas permanentes de medición, a través de la Red Amazónica de Inventarios Forestales – RAINFOR (Phillips et al., 2016) y base de datos de las densidades de la madera (Soto, 2006).

4.5.2. Instrumentos

Materiales: Ficha de recolección de datos, base de datos de la densidad de la especie, wincha de 5 metros, cinta diamétrica, rafia amarilla, placas de aluminio (2.5 x 9cm), clavos de aluminio (3”), martillo y pintura esmalte.

Equipos: Handheld Algiz 10x (Tablet con FMDC para datos de campo), TruPulse 360R (Láser range-finder e inclinómetro, incorporado con brújula electrónica), Filtro de vegetación, Bastón de medida telescópico (Peso: 2800g, longitud máxima: 4.6m, longitud mínima: 1.50m), reflector circular (Peso: 110g, tamaño: 9cm de diámetro), Trípode de carbono con base de nivelación (Peso: 1506g, altura mínima: 16cm, altura máxima: 145cm, capacidad de carga: 10kg), Soporte para láser rangefinder TruPulse (Peso: 444g, altura: 22cm), cámara digital, laptop Hp, brújula SUUNTO, GPSmap 60CSx GARMIN.

Validación de los instrumentos para la recolección de datos

Se contó con 5 expertos para realizar la validación de la ficha de recolección de datos (Dr. Edilberto Chuquilín Bustamante, Dr. Pedro David Córdova Trujillo, Dr. Casiano Aguirre Escalante, Dr. José Dolores Lévano Crisóstomo y Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez).

Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos

La elección de los instrumentos de recopilación de datos cumplió con nuestros objetivos y la información de primera mano que obtuvimos fue válida y, por su puesto, de gran apoyo.

La confiabilidad y validez de nuestros instrumentos de recolección o medición de datos se demuestra por el nivel de precisión y consistencia de los resultados obtenidos cuando los instrumentos se utilizan en unidades de muestreo en condiciones lo más similares posible.

4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos

4.6.1. Fase de pre-campo

En esta fase se recopiló la información que presentan las dos parcelas permanentes de medición (área de estudio) y el BRUNAS, así mismo, con la ayuda de un software GIS se elaboraron mapas temáticos (pendiente, altitud y fisiográfico), los cuales permitieron tener una visión más amplia del área de estudio y un mejor análisis de los resultados.

Reconocimiento y selección de las dos parcelas permanentes de medición (área de estudio)

Se trabajó en dos parcelas pre-establecidas, seleccionando la PPM-1 que se encuentra en el tipo de bosque colina baja y la PPM-4 que se encuentra en el tipo de bosque colina alta, las especies forestales de éstas dos parcelas se encuentran certificadas por el Jardín Botánico de Missouri - Herbario HOXA, teniendo en cuenta el acceso adecuado a las parcelas y que se encuentren en un área que garantice su conservación y seguridad a largo plazo.

Creación del proyecto en Field Map

Después de recopilar toda la información cartográfica e documental, se creó la base de datos utilizando la tecnología Fiel Map – Extensión Project Manager. Field Map Project Manager es una extensión que permite crear una estructura de base de datos utilizando varias capas especiales y varias propiedades para crear variables que serán evaluadas en el campo de acuerdo con los métodos definidos por cada proyecto y luego copiarlas al campo instalado en una computadora, donde se tiene instalado el software Field Map Data Collector que se utilizó para recopilar datos de

campo georreferenciados utilizando una variedad de instrumentos electrónicos.

Antes de comenzar el trabajo de campo el software FMDC requiere configuración, incluidos formularios de ingreso de datos, métodos de medición, opciones de mapeo, configuraciones de la capa árbol, declinación magnética, etc., para garantizar la precisión y eficiencia del trabajo de campo para los usuarios.

Una vez completada la configuración, se procede con las pruebas de comunicación disparando con el distansiómetro laser al bastón reflector que se encuentra localizado en la parte basal del árbol, si los datos no aparecen en la pantalla de la computadora del sitio se vuelve a verificar la configuración nuevamente.

4.6.2. Fase de campo

Mantenimiento del área de estudio (Parcelas permanentes de muestreo)

Se realizó labores de mantenimiento en las dos Parcelas Permanentes de Muestreo, las cuales consistieron en rafear la parcela, pintar o codificar árboles, cambiar tubos, entre otros.

Verificación, integración y calibración del equipo Field Map

Antes del ingreso al área de estudio se verificó que las baterías estén cargadas, ajuste de instrumentos y repuestos para cada equipo de medición. Así mismo, se comprobó si se puede abrir en computador de campo el proyecto y todas sus variables con normalidad.

Previo al levantamiento de la información el primer paso se calibró correctamente el TruPulse 360R, seguidamente se realizó la integración de los aparatos de medición acoplando el ARMOR, trípode, TruPulse 360 R, verificando que exista una buena conexión entre éstos.

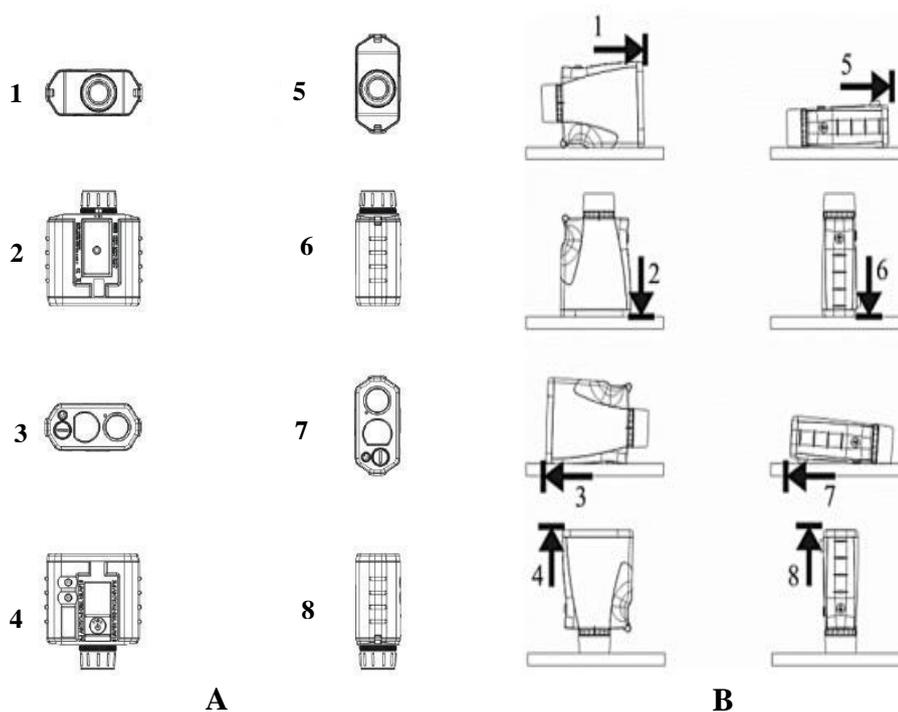
Figura 3

Pasos de calibración A: Angulo horizontal; B: Sensor de inclinación

Trupulse360R hacia el norte y el botón de encendido hacia arriba.

Trupulse360R mirando hacia el norte y el botón de disparo hacia la derecha.

Si se observa "PASS" en el visor, la calibración fue correcta; en caso de salir "FAIL" se debe volver a realizar el proceso de calibración.



Fuente: (Lasertech, 2005).

Levantamiento de información

La recolección de datos se realizó mediante hardware y software Tecnología Field Map - extensión Data Collector, donde se georreferenciaron de las 2 parcelas de medición teniendo en cuenta la declinación magnética del área en estudio, luego se obtuvo un plano de cada parcela. Los individuos monitoreados se ubican espacialmente los cuales estuvieron debidamente marcados y plaqueados. Asimismo, se midieron las variables creadas en la base de datos (fase pre-campo).

Diseño de parcela personalizada con Tecnología Field Map - extensión Data Collector

El diseño de las parcelas de medición basados en plantillas personalizadas pre determinadas por el usuario se trabajó desde una hoja en Excel. Se

creó una parcela de 100mx100m en una hoja de cálculo de Excel con sub parcelas de 20mx20m y estacas en cada esquina de las parcelas. (Figura 4 y 5). Seguidamente se ingresaron los datos a través de la carpeta de field-Map/Tools para diseñar en la ventana principal polígonos de sub parcelas de 20m x 20m. (Figura 6).

Figura 4

Coordenadas de las parcelas de 20m x 20m.

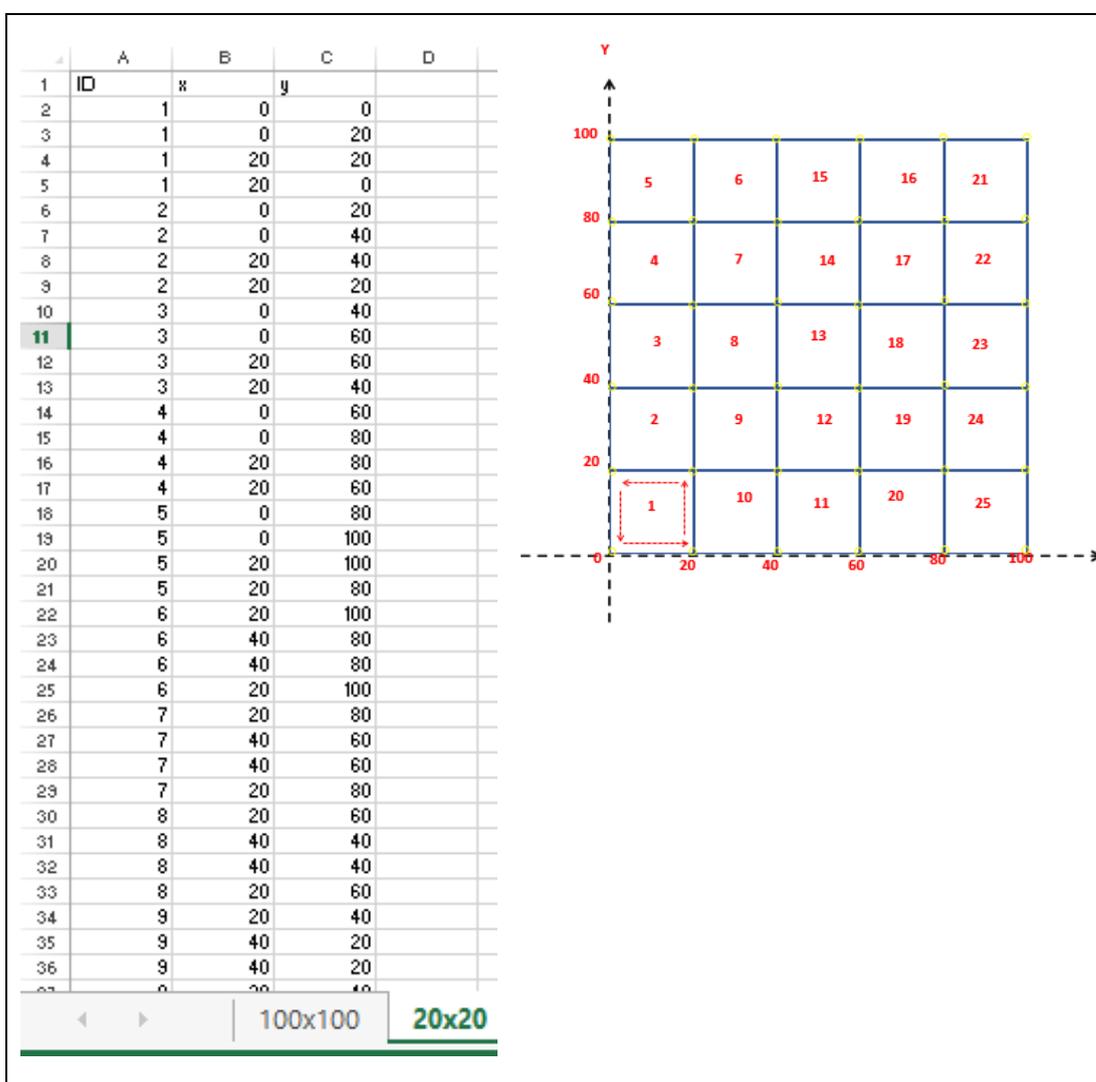


Figura 5

Coordenadas de los vértices para cada estaca de las sub parcelas de 20m x 20m.

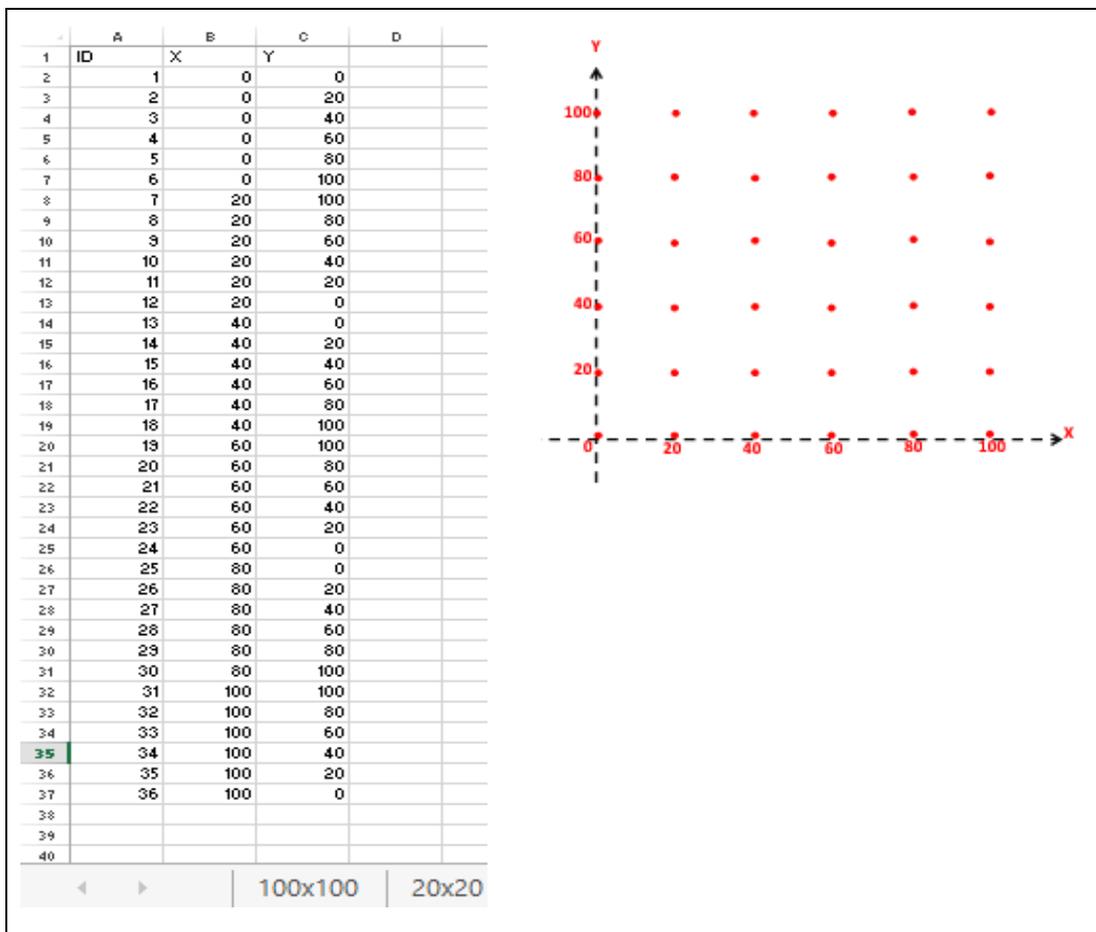
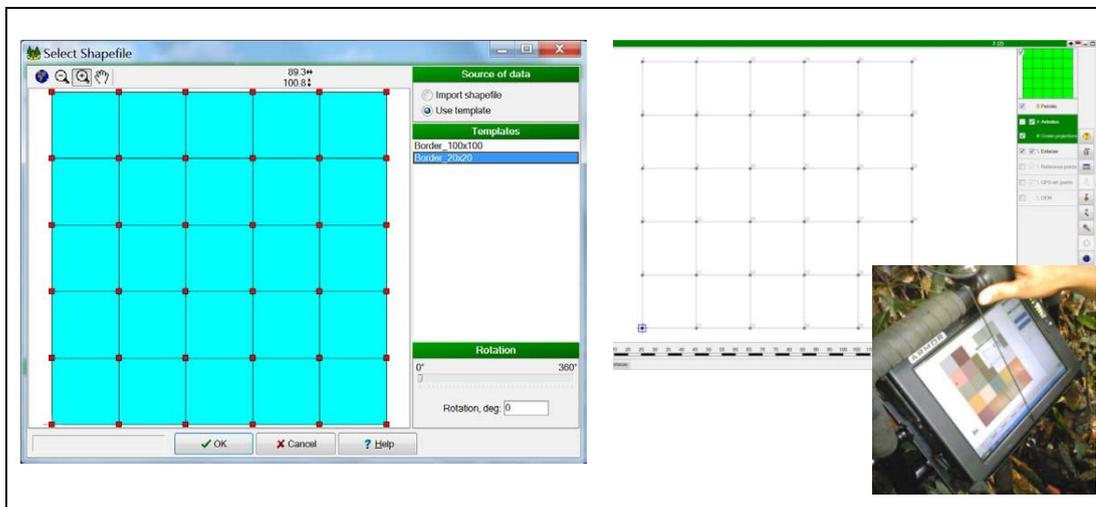


Figura 6

Diseño de parcela con Tecnología Field Map - extensión Data Collector

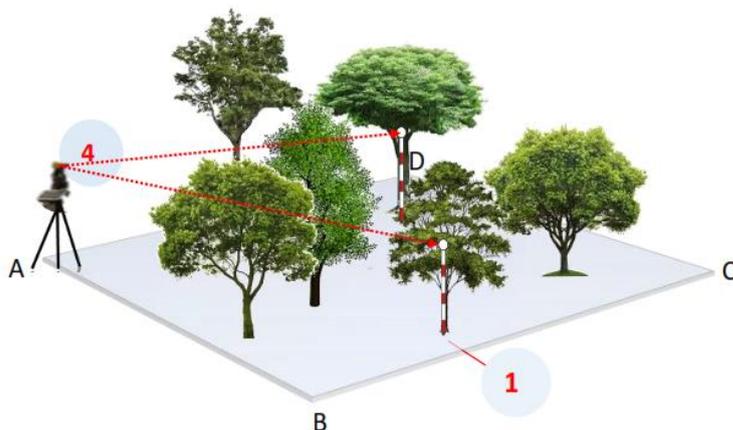
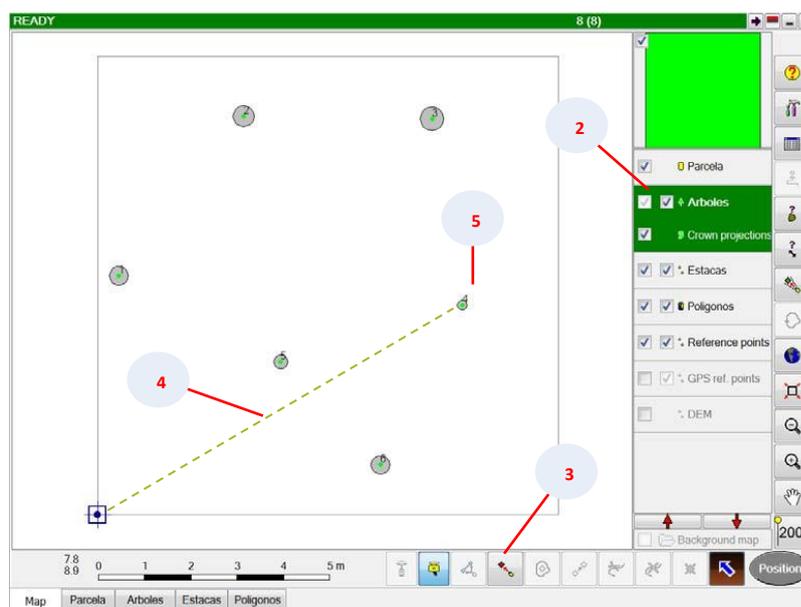


Ubicación espacial de individuos

Una vez realizado la base de datos del proyecto se realizó el geoposicionamiento de los individuos dentro de cada parcela, los cuales estuvieron debidamente identificados por plaquetas. Es importante resaltar que los individuos ya fueron identificados botánicamente por curadores del Herbario Selva Central (HOXA) del Jardín Botánico de Missouri desde el año 2016, por los diferentes estudios realizados en éstas parcelas.

Para la georreferenciación de las especies con tecnología Field Map se trabajó mediante la metodología “radiación”, es un método topográfico que nos permitió determinar las coordenadas (X, Y, Z) desde un punto fijo llamado polo de radiación. Para situar una serie de puntos A, B, C, D, etc., se estacionó el equipo Field Map debidamente calibrado y nivelado en un punto “O” y desde él se visaron direcciones “OA”, “OB”, “OC”, “OD”, etc. La posición del árbol dentro de una parcela de monitoreo fue digitalizada usando un láser rangefinder + inclinómetro electrónico + brújula electrónica (RIC) y reflector que se colocó sobre la superficie del fuste del árbol. Field-Map chequeó automáticamente si el árbol está dentro o fuera de la parcela, obteniendo la coordenada, distancia y ángulo vertical de cada individuo de la parcela, esta información fue guardada automáticamente en el Field Map Data Collector. Teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. Se ubicó el bastón reflector en el árbol, teniendo en cuenta que esté bien nivelado y pegado a la base del árbol.
2. Se activó la capa árbol en el FMDC.
3. En la parte inferior de la ventana nos fijamos en el botón agregar punto.
4. Se realizó el cálculo de medición visualizando el bastón reflector que se encuentra en el árbol.
5. Por último, se visualizó el árbol localizado en campo en el mapa del FMDC.

Figura 7*Método de ubicación de los individuos a evaluar***Figura 8***Visualización del árbol localizado en campo en tiempo real*

Medición del diámetro al punto óptimo de medición (POM)

Los diámetros de los árboles fueron medidos con cinta diamétrica, y es medido con corteza al POM teniendo en cuenta la altura estándar promedio de 1.30m desde el suelo como sitio de medición del diámetro, Para localizar de forma rápida el sitio de medición, fue necesario emplear una vara de 1.30m de altura.

Antes de medir los diámetros se limpió cuidadosamente la corteza de los

árboles en el área de medición para eliminar posibles musgos o epifitas que interfieran. Si el árbol tiene raíces tablares (aletas) en 1.30m, entonces se mide el diámetro a 50cm por encima de las raíces tablares, fijando la altura del POM.

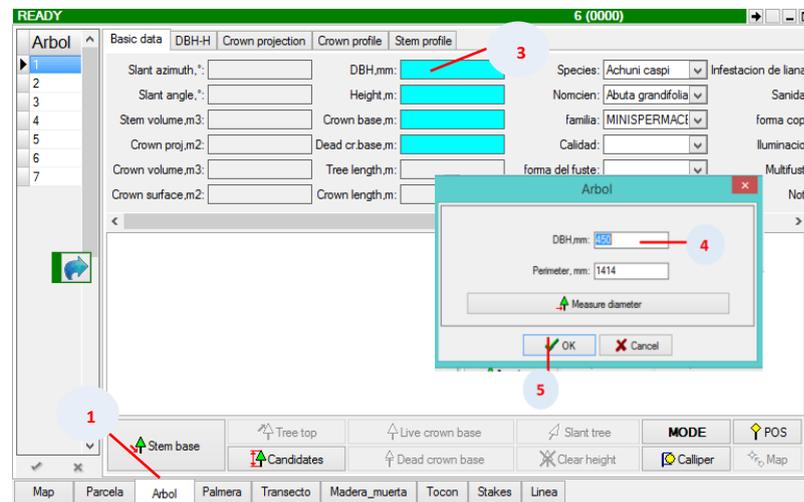
Para el caso de los árboles que tuvieron alguna deformidad en 1.3m de altura, la medida se realizó 2cm por debajo de la deformidad, y se registró la altura del POM.

Para árboles en pendiente, el diámetro a la altura de referencia (DBH) siempre se calculó hacia abajo en la pendiente del árbol, pero para árboles caídos o inclinados siempre se midió a 1.3m de altura del lado del tallo más cercano al suelo. Este procedimiento evitó confusión en la situación común donde los árboles estuvieron en pendientes y cuando están inclinados, los árboles generalmente se inclinan hacia las pendientes y estas reglas eliminan la confusión sobre qué lado del árbol se debe usar para las mediciones de POM. Seguidamente la medición del diámetro se ingresó al sistema de forma manual teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. Para ingresar el diámetro (POM) nos dirigimos en la capa árbol que se encuentra en la parte inferior de la ventana del computador.
2. Al lado izquierdo de la ventana se observó una lista de árboles cada uno con su ID (identificador) se seleccionó el N° de árbol por el cual se ingresó el diámetro (POM).
3. Se ubicó la opción DBH, mm y apareció un nuevo cuadro de diálogo.
4. Se ingresó el valor del diámetro (POM) en mm que nos indicó el asistente de campo.
5. Seguidamente, se hizo clic en ok.

Figura 9

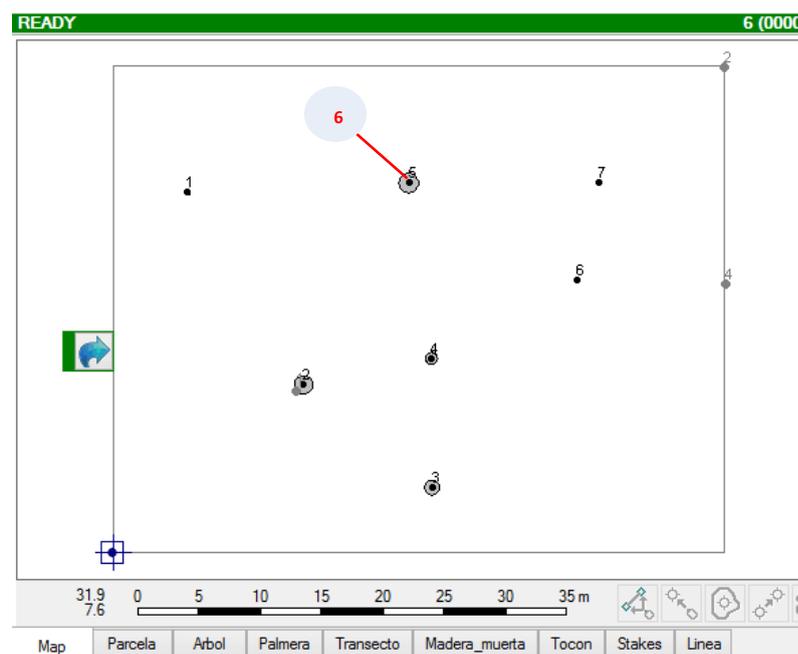
Ingreso de datos de diámetro manualmente en Field-Map Project manager



6. Por último, nos fijamos en el mapa y observamos que se forma un círculo con un punto en el centro que representó la posición del árbol y su diámetro proyectado utilizando tecnología electrónica.

Figura 10

Posición del árbol y su diámetro proyectado



Medición de altura total según método distancia utilizando posición

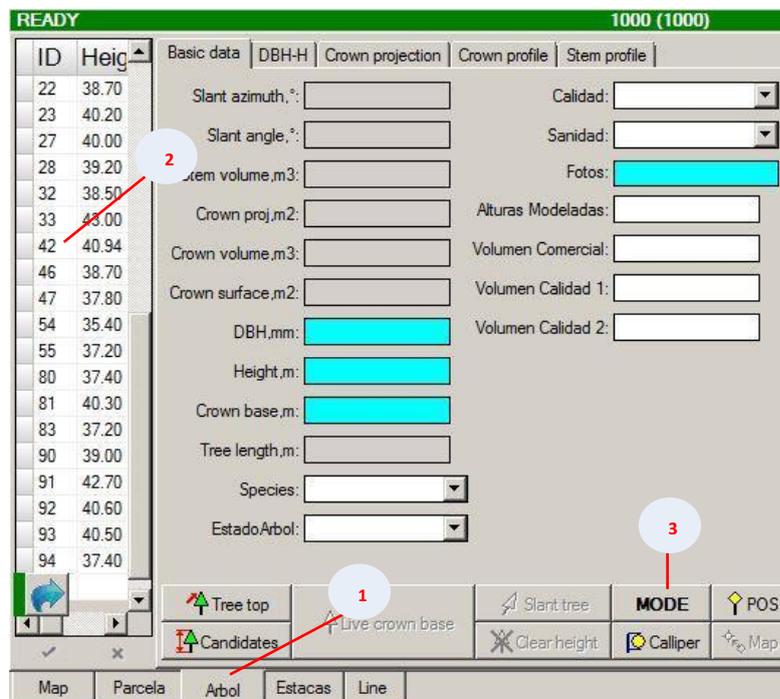
Para estimar la diversidad estructural (posición sociológica) y biomasa aérea con mayor precisión estas mediciones se realizaron usando tecnología Field Map, con el TruPulse 360R. Este modo es muy eficaz en las parcelas y nos permitió ver y medir varios árboles desde un lugar. Teniendo en cuenta que, en primer lugar, la posición de todos los árboles y ubicarse en un lugar donde se observó el mayor número de árboles.

Seguidamente se realizó el disparo laser a la base del árbol, después se ejecutó el disparo laser a la parte más alta de la copa para obtener la altura total, Todos estos datos fueron guardados automáticamente en el equipo electrónico Field Map Data Collector. La medición de la altura total del árbol se usó el láser rangefinder y el inclinómetro electrónico para la medición de las distancias horizontales al árbol y la inclinación al tope y base. Se tuvo en cuenta que la posición del equipo y la línea de vista hacia la altura total del árbol forme necesariamente un ángulo menor a 45° o aproximadamente a la misma distancia de la altura total del árbol.

1. Se seleccionó la capa árbol.
2. Se seleccionó el número de árbol que va ser medido.
3. Nos fijamos en el botón Modo y seleccionamos la opción.
4. Se hizo clic en Stem Base y apuntamos a la base del árbol con el TruPulse 360R para medir su inclinación.
5. Se observó que Field-Map cambia automáticamente a la medición de la parte superior del árbol. Se apuntó en la parte superior del árbol con el TruPulse 360R para medir su inclinación.
6. Por último, se observó que el dato de la altura total queda registrado en el sistema automáticamente.

Figura 11

Medición de alturas utilizando posición

**Figura 12**

Medición de la altura total usando tecnología electrónica con Field Map

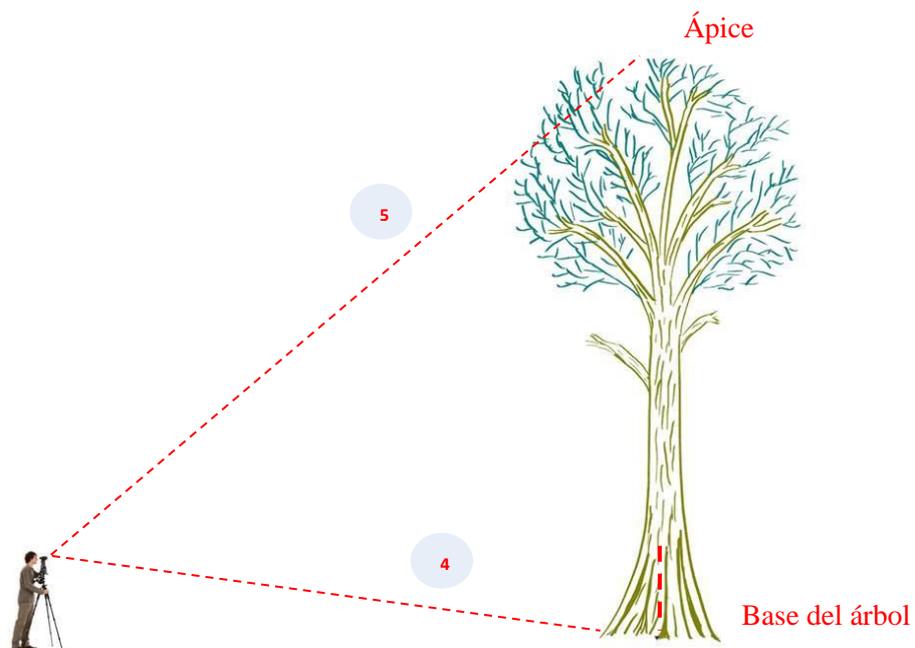
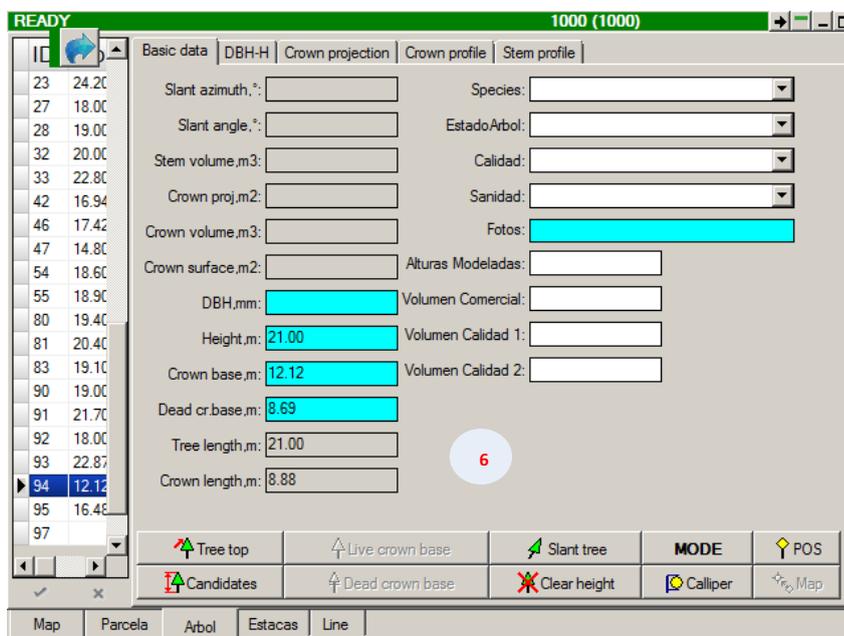


Figura 13

Registro automático de la altura en el sistema usando tecnología electrónica



4.6.3. Fase de gabinete

Exportación de datos a Excel desde FMPM

Finalmente, Field-Map Project Manager nos permitió exportar los datos tomados en campo en un formato dBase las cuales se encontraron almacenados en una sola carpeta, se exportó los datos de la siguiente manera:

En el computador se ubicó el programa Field-Map, se abrió Field-Map Project Manager, se procedió en abrir proyecto para exportar los datos (Tools – Export Data) en un archivo Excel.

4.6.4. Evaluación de diversidad estructural

Se determinó los siguientes indicadores:

Estimación del índice de valor de importancia

Abundancia: Nos permitió conocer el número de individuos por unidad de área de una especie. Asimismo, son considerados como variables que expresan la abundancia y la densidad respecto al número de individuos.

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

Donde:

Ar = Abundancia relativa de la especie i .

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

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

Frecuencia: Es una medida que evalúa la regularidad de la distribución de cada especie en un área específica, indicando la probabilidad de encontrar esa especie en una unidad de muestreo. La frecuencia relativa, por otro lado, representa el porcentaje de las veces que una especie en particular ocurre en relación con la suma de las ocurrencias de todas las especies en una comunidad o parcela. Es decir, expresa la proporción de la presencia de una especie en comparación con la presencia total de todas las especies en el área estudiada.

$$Fr = [Fi / \sum F] \times 100$$

Donde:

Fr = Frecuencia relativa de la especie i

Fi = Número de ocurrencia de la especie i por ha.

$\sum F$ = Sumatoria total en la parcela.

Dominancia (Da): Se cuantifica en relación con el área basal ocupada por una especie. Es una medida de la abundancia relativa de una especie dentro de una comunidad vegetal. Las especies que destacan en una comunidad debido a su altura, cobertura o densidad se consideran dominantes y pueden evaluarse en función de estas variables de abundancia. La dominancia refleja, por tanto, la importancia relativa de una especie en comparación con otras dentro del ecosistema en estudio (Lamprecht, 1990).

Área basal: Se calcula como la superficie de la sección transversal del tallo de una especie, tomando en cuenta el Perímetro a la Altura del Pecho (POM), y se expresa en metros cuadrados por hectárea (m²/ha). Se puede calcular utilizando la fórmula:

$$AB = [\pi/4] \times [POM]^2$$

Donde:

AB = Área basal absoluta

POM = Punto óptimo de medición

La dominancia relativa se encontró entre el área basal total de las especies y la suma del área basal de todas las especies.

$$Dr = [\sum Bi / \sum AB] \times 100$$

Donde:

Dr = Dominancia relativa de la especie i .

Bi = Sumatoria de todas las áreas basales de la especie i .

AB = Sumatoria de áreas basales de todos los individuos en la parcela

Índice de Valor de Importancia por especie (IVI_s): La estructura horizontal del bosque se determinó en función de la importancia ecológica de cada especie en la parcela, las cuales formaron las especies más adaptadas por ser las especies dominantes, muy abundantes o comunes. La suma de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. El IVI es un mejor descriptor que cualquier parámetro utilizado solo (Mostacedo y Fredericksen 2000).

El cálculo se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$IVI = [Ar + Dr + Fr] / 3$$

Donde:

Ar = Abundancia relativa de la especie i .

Dr = Dominancia relativa de la especie i .

Fr = Frecuencia relativa de la especie i .

Evaluación de la estructura diamétricas

Se refiere a la distribución de la vegetación en el sentido del nivel del bosque se refiere a cómo están distribuidas espacialmente las especies en relación con las diferentes categorías diamétricas de los árboles (Vallejo et al., 2008).

Asimismo, los datos de cada parcela se ordenaron mediante una distribución diamétricas a intervalos de 10cm, indicando la frecuencia con que aparece representada una cierta clase diamétricas en la parcela (Prodan et al., 1997).

Posición sociológica

La posición sociológica se aplicó mediante la distribución de la vegetación tanto verticalmente en el bosque. Después de obtener los datos de altura total mediante el uso del equipo electrónico, se determinó los valores reales mediante el uso de tecnología electrónica (Field Map), con el TruPulse 360R.

Después, se procedió a dividir las alturas totales de cada parcela permanente de medición en tres estratos utilizando intervalos de estudio uniformes dentro de cada parcela. Estas clases de altura se definieron de acuerdo con las categorías preestablecidas propuestas por (Lamprecht, 1990), los valores que se obtuvieron fueron las siguientes:

Para la PPM-1 y PPM-4 las clases fueron:

PPM-1

– Piso superior (altura $> 2/3$ de la altura superior), mayor que, 25.96cm

- Piso medio (entre 2/3 y 1/3 de la altura superior), entre 25.96cm y 12.98cm
 - Piso inferior (altura < 1/3 de la altura superior), menor que, 12.98cm
- PPM-4
- Piso superior (altura > 2/3 de la altura superior), mayor que, 39.55cm
 - Piso medio (entre 2/3 y 1/3 de la altura superior), entre 39.09cm y 19.55cm
 - Piso inferior (altura < 1/3 de la altura superior) , menor que, 19.55cm

Luego se prosiguió con el método de Finol (1976), donde cada sub-estrato se le asigna un valor fitosociológico obtenido al dividir el número de individuos en el sub-estrato por el número total de individuos de todas las especies usando la siguiente fórmula:

$$VF_e = n_e/N$$

Donde:

VF_e = Valor fitosociológico del subestrato.

n = Número de individuos del subestrato.

N = Número total de individuos de todas las especies.

e = Especie

Para calcular el valor absoluto de posición sociológica de una especie, a cada sub-estrato se le suma sus valores fitosociológicos, el cual se obtuvo multiplicando el VF de esa capa por el número de individuos de la especie como lo indican Acosta et al. (2006), utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

PSa = Posición sociológica absoluta.

VF = Valor fitosociológico del sustrato.

n = Número de individuos de cada especie.

i : inferior; m: medio; s: superior.

La posición sociológica relativa (PSr) de cada especie, se expresó como porcentaje sobre el sumatorio total de los valores absolutos, utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

PSr = Posición sociológica relativa.

PSa = Posición sociológica absoluta.

4.6.5. Evaluación de biomasa aérea

Densidad de la especie

Los valores de la densidad básica de la madera de las especies registradas en las dos parcelas permanentes de medición fueron tomados de la Base de Datos Global de Densidad de la Madera (Global Wood Density Database – DRYAD (Zanne et al., 2009), quienes consignan valores de la densidad básica a nivel de especie, género y familia.

Para escoger la densidad del individuo se tuvo prioridad en escoger la densidad a nivel de especie, sino tenemos este valor dentro de la base de datos, se escogió la densidad del género o de la familia.

Estimación de biomasa aérea

En el presente estudio para la estimación de biomasa aérea se usó la ecuación alométrica propuesta por Chave et al. (2014) usado para bosques tropicales con precipitaciones >3500mm.año⁻¹. La ecuación alométrica estimó la biomasa aérea

en función a tres variables requeridas que son altura total, diámetro al POM y densidad de la madera (Chave et al., 2014).

$$AGB_{est} = 0,0673 \times (pD^2H)^{0,976}$$

donde:

AGB_{est} : Biomasa aérea (Kg)

p : Densidad básica (g/cm^3)

D : Punto Óptimo de Medición (POM) (cm)

H : Altura total (m)

Después de estimar la biomasa aérea en kilogramos (Kg) por cada individuo, se procedió a convertirlo en toneladas (Tn).

Para la estimación de biomasa aérea por hectárea se sumaron la biomasa aérea de todos los individuos de la parcela obteniendo la biomasa total en toneladas por hectárea ($Tnha^{-1}$).

Estimación de carbono

Mayormente los estudios sobre el almacenamiento de carbono en la biomasa de los bosques tropicales, se asume que el contenido de carbono corresponde aproximadamente al 50% de biomasa de los árboles vivos (Yepes et al., 2011), por lo que se usó un factor de 0.5 para transformar la biomasa aérea a carbono. Usando esta premisa después de haber obtenido la biomasa aérea total ($Tnha^{-1}$) se multiplicó por el factor 0.5 para estimar la cantidad de carbono total por hectárea.

4.6.6. Plan de tabulación y análisis de datos

Se trabajó con el software InfoStat versión libre para el análisis estadístico general de aplicaciones desarrolladas en la plataforma Windows. Cubre las necesidades básicas para la obtención de estadísticas descriptivas y figuras para

un mejor análisis de estudio, así como técnicas avanzadas de modelación estadística y análisis como métodos avanzados de modelación estadística y análisis de matrices de diagrama de dispersión. Asimismo, se utilizó herramientas de planificación, recopilación y análisis de datos de campo. Mediante el administrador de proyectos - Project Manager (FMPM), Field-Map Data Collector (FMDC), Microsoft Excel 2013, Software GIS. Logrando diseñar medidas de campo y estructuras de base de datos correlacionados.

4.7. Aspectos éticos

Se tuvo el consentimiento mediante una autorización del decano de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para poder ingresar al BRUNAS para realizar la investigación.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo

5.1.1. Índice de valor de importancia (IVI)

En la tabla 2 se puede observar que la PPM-1 presentó 113 especies, las más abundantes fueron: *Parkia panurensis* (9.41%) y *Senefeldera inclinata* (9.12%) con 64 y 62 individuos respectivamente; las más frecuentes fueron: *Parkia panurensis* (4.62%) y *Virola pavonis* (4.10%) presentes en 18 y 16 subparcelas respectivamente; Asimismo, las especies dominantes fueron: *Parkia panurensis* (16.70%) y *Casearia ulmifolia* (4.68%) con 64 y 50 individuos respectivamente.

Tabla 2

Las 10 especies de mayor valor ecológico en la parcela permanente PPM - 1

N _e ^o	Especie	N _i ^o	AR(%)	FR(%)	DR(%)	IVI (%)
1	<i>Parkia panurensis</i>	64	9.41	4.62	16.70	10.24
2	<i>Senefeldera inclinata</i>	62	9.12	3.08	4.34	5.51
3	<i>Casearia ulmifolia</i>	50	7.35	3.85	4.68	5.29
4	<i>Virola pavonis</i>	29	4.26	4.10	4.65	4.34
5	<i>Pourouma minor</i>	33	4.85	3.33	3.44	3.87
6	<i>Qualea amoena</i>	33	4.85	3.59	2.64	3.69
7	<i>Helicostylis tomentosa</i>	20	2.94	3.33	2.22	2.83
8	<i>Schizocalyx sterculioides</i>	24	3.53	2.56	1.69	2.59
9	<i>Laetia procera</i>	17	2.50	2.82	2.09	2.47
10	<i>Jacaranda copaia</i>	8	1.18	1.79	4.15	2.37
1-10	Sub Total	340				43.22
11-113	Otros	340				56.78
	Total	680				100.00

N_e^o: Numero de especie; N_i^o: Número de individuos; AR: Abundancia relativa; FR: Frecuencia relativa; DR: Dominancia relativa

De las 10 especies con mayor valor ecológico (43.22%), las dos especies con mayor Índice de Valor de Importancia dentro de la PPM-1 fueron: *Parkia panurensis* (10.24%) y *Senefeldera inclinata* (5.51%), y las otras especies restantes representa el (56.78%) (Tabla 2 y Figura 14).

En la tabla 3 se puede observar que La PPM - 4 presentó 114 especies las más abundantes fueron; *Senefeldera inclinata* (29.55%) y *Pourouma minor* (4.14%); las más frecuentes fueron: *Senefeldera inclinata* en las 24 subparcelas, esta familia nos indica que es altamente homogéneo en la composición florística. *Pourouma minor* se encuentra en 16 subparcelas; Asimismo, las especies dominantes fueron: *Senefeldera inclinata* (12.18%) y *Cedrelinga cateniformis* (9.02%).

Tabla 3

Las 10 especies de mayor valor ecológico en la parcela permanente PPM - 4

N _e ^o	Especie	N _i ^o	AR (%)	FR (%)	DR (%)	IVI (%)
1	<i>Senefeldera inclinata</i>	164	29.55	7.34	12.18	16.36
2	<i>Pourouma minor</i>	23	4.14	4.89	7.12	5.39
3	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	5	0.90	1.22	9.02	3.71
4	<i>Hevea guianensis</i>	12	2.16	3.36	5.16	3.56
5	<i>Otoba parvifolia</i>	20	3.60	3.67	3.38	3.55
6	<i>Dacryodes nitens</i>	12	2.16	2.45	4.67	3.09
7	<i>Cecropia sciadophylla</i>	13	2.34	2.14	2.89	2.46
8	<i>Schizocalyx peruvians</i>	17	3.06	3.36	0.94	2.46
9	<i>Osteophloeum plastyspermum</i>	6	1.08	1.53	4.53	2.38
10	<i>Theobroma subincanum</i>	11	1.98	2.75	1.28	2.01
1-10	Sub Total	283				44.96
11-114	Otros	272				55.04
	Total	555				100.00

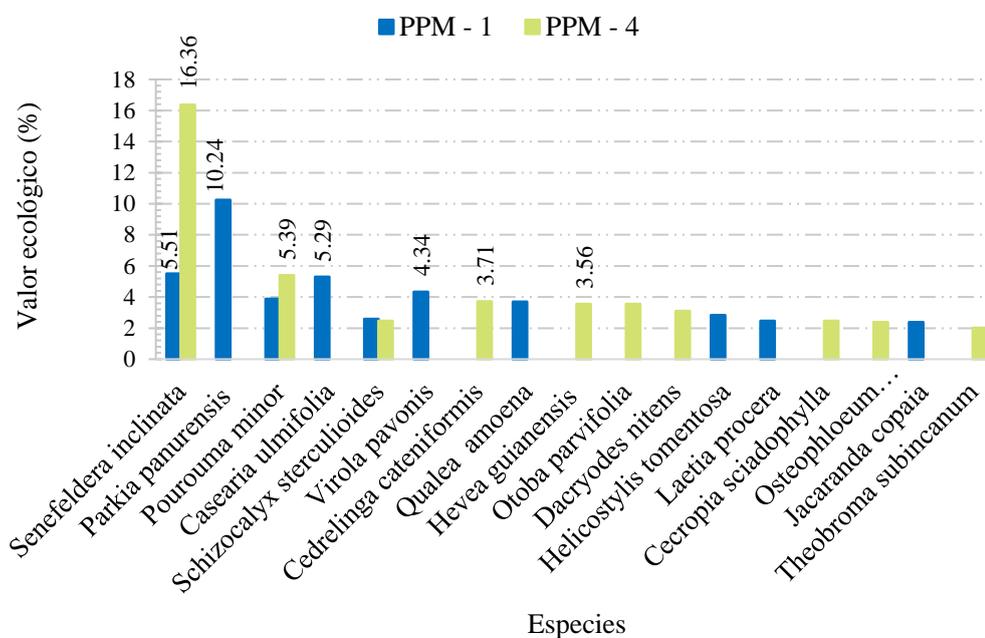
N_e^o: Número de especie; N_i^o: Número de individuos; AR: Abundancia relativa; FR: Frecuencia relativa; DR: Dominancia relativa

De las 10 especies con mayor valor ecológico (55.04%), las especies con mayor Índice de Valor de Importancia dentro de la PPM-4 fueron: *Senefeldera inclinata* (16.36%) y *Pouroma minor* (5.39%), y las otras especies restantes representa el (55.04%) (Tabla 3 y Figura 14).

Parkia panurensis de la PPM-1 y *Senefeldera inclinata* PPM-4 son las especies que muestra un valor de importancia mayor dentro de ambas parcelas. Realizando las comparaciones para ambas parcelas en estudio las especies con mayor índice de valor de importancia fueron: *Senefeldera inclinata*, *Parkia panurensis*, *Pourouma minor* y *Casearia ulmifolia* (Figura 14).

Figura 14

Las 10 especies de mayor Índice de valor de importancia en la PPM-1 y 4.



5.1.2. Evaluación de la estructura diamétrica

Tabla 4

Estadística descriptiva de medidas de resumen de clase diamétrica para la variable diámetro al POM en la PPM-1.

Clase diamétrica	Rango (cm)	n	Media \pm EE	DE	Var _(n-1)	CV	Mín	Max
1	[10-20>	406	14.87 \pm 0.12	2.43	5.91	16.35	11.33	19.99
2	[20-30>	175	24.46 \pm 0.23	3.07	9.4	12.54	20.02	29.98
3	[30-40>	51	34.00 \pm 0.33	2.34	5.46	6.87	30.02	39.76
4	[40-50>	36	44.19 \pm 0.48	2.91	8.46	6.58	40.08	49.59
5	[50-60>	8	56.87 \pm 1.23	3.48	12.13	6.12	50.83	59.33
6	[60-70>	3	67.99 \pm 0.99	1.72	2.97	2.53	66.34	69.77
7	[70-80]	1	70.16 \pm 0.00	0.00	0.00	0.00	70.16	70.16

n: Número de especie, EE: Error estándar, DE: Desviación estándar, Var_(n-1): Varianza, CV: Coeficiente de variación

Tabla 5

Estadística descriptiva de medidas de resumen de clase diamétrica para la variable diámetro al POM en la PPM-4.

Clase diamétrica	Rango (cm)	n	Media \pm EE	DE	Var _(n-1)	CV	Mín	Max
1	[10-20>	278	15.00 \pm 0.15	2.57	6.61	17.14	10.66	19.96
2	[20-30>	146	24.31 \pm 0.23	2.82	7.93	11.58	20.05	29.79
3	[30-40>	58	33.88 \pm 0.36	2.73	7.47	8.07	30.02	39.5
4	[40-50>	42	44.57 \pm 0.42	2.7	7.28	6.05	40.04	49.82
5	[50-60>	18	53.65 \pm 0.62	2.62	6.86	4.88	50.17	58.92
6	[60-70>	3	67.14 \pm 1.35	2.34	5.46	3.48	64.62	69.23
7	[70-80>	5	73.52 \pm 1.69	3.78	14.28	5.14	70.57	79.93
8	[80-90>	2	88.38 \pm 0.59	0.83	0.7	0.94	87.79	88.97
9	[90-100>	1	95.68 \pm 0.00	0	0	0	95.68	95.68
10	[120-130>	1	121.12 \pm .00	0	0	0	121.12	121.12
11	[130-140]	1	130.32 \pm 0.00	0	0	0	130.32	130.32

n: Número de especie, EE: Error estándar, DE: Desviación estándar, Var_(n-1): Varianza, CV: Coeficiente de variación

Tabla 6

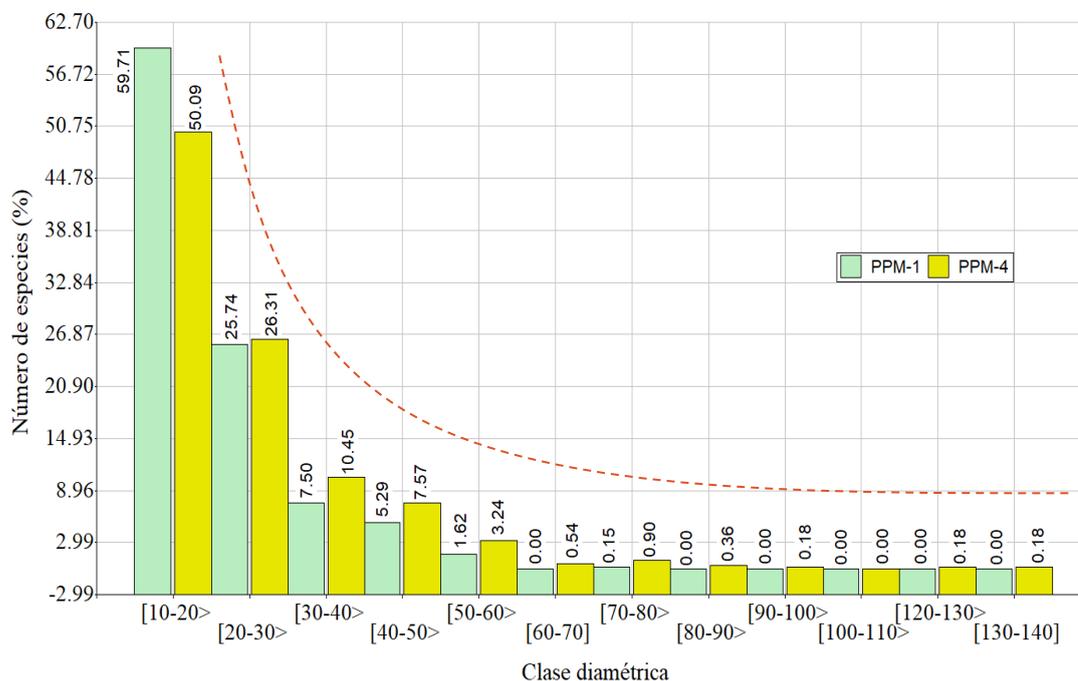
Distribución del número de árboles por intervalo diamétrico en la PPM-1 y 4

Clase diamétrica	Rango (cm)	PPM-1		PPM-4	
		Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	[10-20>	406	59.71	278	50.09
2	[20-30>	175	25.74	146	26.31
3	[30-40>	51	7.50	58	10.45
4	[40-50>	36	5.29	42	7.57
5	[50-60>	8	1.62	18	3.24
6	[60-70>	3	0.00	3	0.54
7	[70-80>	1	0.15	5	0.90
8	[80-90>	0	0.00	2	0.36
9	[90-100>	0	0.00	1	0.18
10	[100-110>	0	0.00	0	0.00
11	[120-130>	0	0.00	1	0.18
12	[130-140]	0	0.00	1	0.18

Se puede observar que la distribución de los individuos sigue un patrón característico de los bosques de la Amazonía peruana, mostrando una clásica forma de "J" invertida. Esto se debe a que hay una mayor concentración de individuos en las clases diamétricas más pequeñas, mientras que hay menos individuos en las clases diamétricas más grandes. Por ejemplo, de los 680 individuos registrados en la Parcela Permanente de Medición (PPM)-1, la mayoría son relativamente pequeños (85.55%), con un diámetro a la altura del pecho (POM) menor a 30 cm y mayor a 10 cm. Del mismo modo, de los 555 individuos en la PPM-4, la gran mayoría son de tamaño pequeño en diámetro (76.4%), con un diámetro a la altura del pecho menor a 30 cm. (Figura 15).

Figura 15

Análisis porcentual por número de especies según clase diamétrica en la PPM-1 y 4.



5.1.3. Posición sociológica

En la PPM-1, se encontró 91 individuos que se ubicaron en el piso inferior con una altura total promedio de 11.32 ± 0.14 metros, mientras que en el piso medio se registró mayor cantidad de individuos (457) con altura promedio de

17.78±0.14 metros y en el piso superior se encontró la menor cantidad de individuos (43) alcanzando una altura total promedio de 29.69±0.45 metros (Tabla 7).

Tabla 7

Estadística descriptiva de medidas de resumen de posición sociológica para la variable altura en la PPM-1.

Posición sociológica	n	Media ± EE	DE	Var _(n-1)	CV	Mín	Max
Piso inferior	91	11.32±0.14	1.31	1.72	11.58	8.04	12.96
Piso medio	546	17.78±0.14	3.27	10.7	18.39	12.98	25.8
Piso superior	43	29.69±0.45	2.96	8.76	9.97	25.97	38.94

n: Número de especie, EE: Error estándar, DE: Desviación estándar, Var_(n-1): Varianza, CV: Coeficiente de variación

De igual manera se puede observar en la PPM-4, se encontró 261 individuos que se ubicaron en el piso inferior con una altura total promedio de 15.01±0.19 metros, mientras que en el piso medio se registró mayor cantidad de individuos (275) con altura promedio de 25.99±0.30 metros y en el piso superior se encontró la menor cantidad de individuos (19) alcanzando una altura total promedio de 46.57±1.15 metros (Tabla 8).

Tabla 8

Estadística descriptiva de medidas de resumen de posición sociológica para la variable altura en la PPM-4.

Posición sociológica	n	Media ± EE	DE	Var _(n-1)	CV	Mín	Max
Piso inferior	261	15.01±0.19	3.01	9.08	20.07	6.17	19.54
Piso medio	275	25.99±0.30	5.02	25.24	19.33	19.69	38.6
Piso superior	19	46.57±1.15	5.01	25.09	10.76	39.6	58.64

n: Número de especie, EE: Error estándar, DE: Desviación estándar, Var_(n-1): Varianza, CV: Coeficiente de variación

Entre las 10 especies con mayor porcentaje en posición sociológica se encontró con mayor representatividad: *Parkia panurensis* en la PPM-1 (20.59%) y *Senefeldera inclinata* en la PPM-4 (88.46%); mientras que las demás especies 103 (PPM-1) y 104 (PPM-4) con 11.64% y 4.63% respectivamente (Tabla 9 y 10).

Asimismo, en la figura 16 observamos la matriz de diagrama de la dispersión de las especies según el piso inferior, medio y superior.

Tabla 9

Resultados del análisis del perfil de vegetación (estructura vertical PPM-1)

N°	Especies	Piso inferior		Piso medio		Piso superior		PSR (%)	N°/ha
		n°/ha	VF _i	n°/ha	VF _m	n°/ha	VF _s		
1	<i>Parkia panurensis</i>	4	0.53	48	38.54	12	0.76	20.59	64
2	<i>Senefeldera inclinata</i>	15	2.01	47	37.74	0	0.00	19.95	62
3	<i>Casearia ulmifolia</i>	3	0.40	44	35.33	3	0.19	17.21	50
4	<i>Pourouma minor</i>	2	0.27	29	23.29	2	0.13	7.48	33
5	<i>Qualea amoena</i>	3	0.40	28	22.48	2	0.13	6.98	33
6	<i>Virola pavonis</i>	2	0.27	27	21.68	0	0.00	6.48	29
7	<i>Schizocalyx sterculioides</i>	5	0.67	19	15.26	0	0.00	3.24	24
8	<i>Helicostylis tomentosa</i>	3	0.40	17	13.65	0	0.00	2.58	20
9	<i>Laetia procera</i>	0	0.00	17	13.65	0	0.00	2.57	17
10	<i>Dacryodes nitens</i>	1	0.13	12	9.64	0	0.00	1.28	13
	Otras 103 especies	53		258		24		11.64	355
	Total	91		546		43		100.00	680

n: Número de individuos de cada especie, VF: Valor fitosociológico del sub-estrato, i: inferior; m: medio; s: superior, PSR: posición sociológica relativa.

Tabla 10

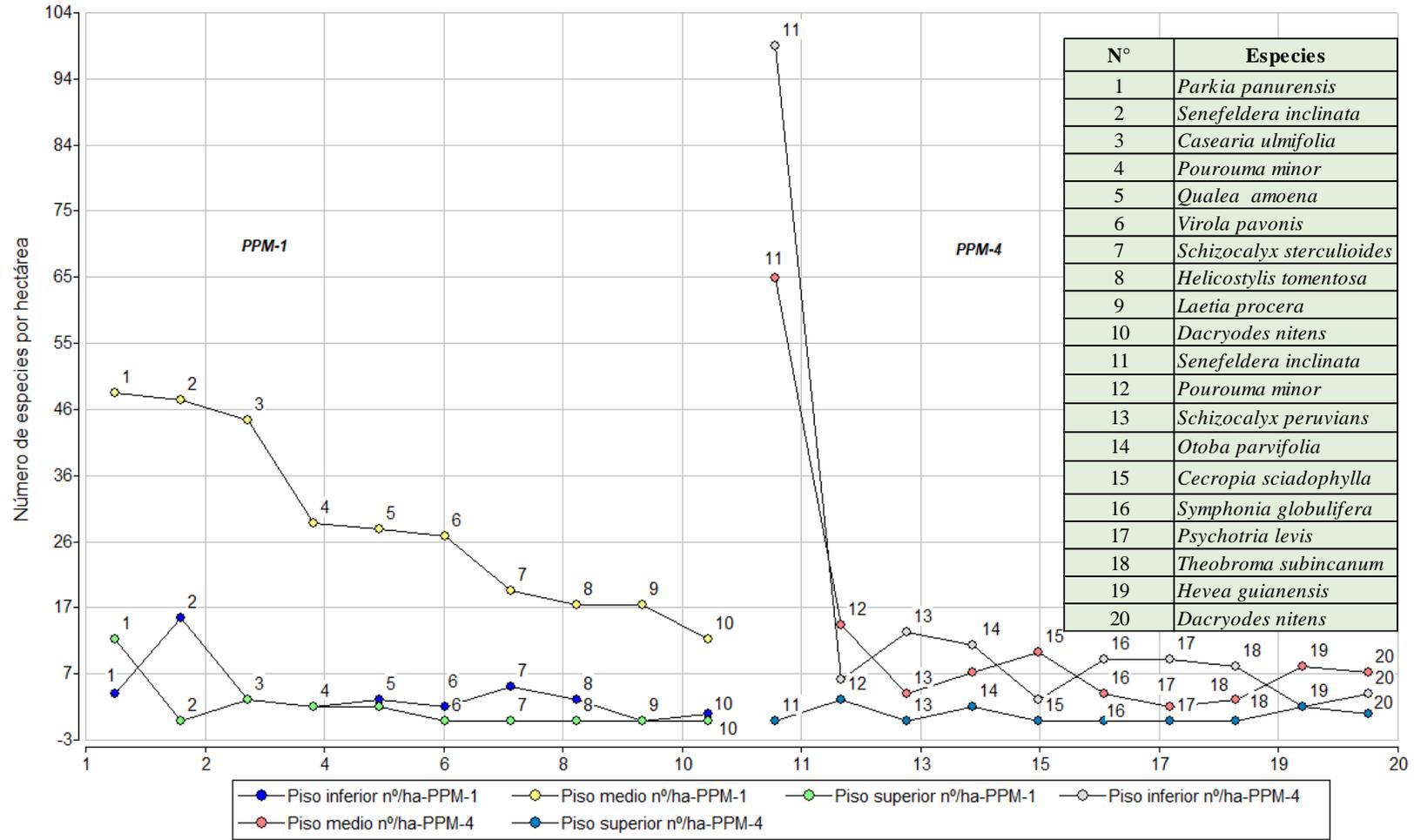
Resultados del análisis del perfil de vegetación (estructura vertical PPM-4)

N	Especies	Piso inferior		Piso medio		Piso superior		PSR (%)	N°/ha
		n°/ha	VF _i	n°/ha	VF _m	n°/ha	VF _s		
1	<i>Senefeldera inclinata</i>	99	46.53	65	32.18	0	0.00	88.46	164
2	<i>Pourouma minor</i>	6	2.82	14	6.93	3	0.10	1.51	23
3	<i>Schizocalyx peruvians</i>	13	6.11	4	1.98	0	0.00	1.15	17
4	<i>Otoba parvifolia</i>	11	5.17	7	3.47	2	0.07	1.07	20
5	<i>Cecropia sciadophylla</i>	3	1.41	10	4.95	0	0.00	0.71	13
6	<i>Symphonia globulifera</i>	9	4.23	4	1.98	0	0.00	0.61	13
7	<i>Psychotria levis</i>	9	4.23	2	0.99	0	0.00	0.53	11
8	<i>Theobroma subincanum</i>	8	3.76	3	1.49	0	0.00	0.46	11
9	<i>Hevea guianensis</i>	2	0.94	8	3.96	2	0.07	0.45	12
10	<i>Dacryodes nitens</i>	4	1.88	7	3.47	1	0.03	0.42	12
	Otras 104 especies	97		151		11		4.63	
	Total	261		275		19		100.00	555

n: Número de individuos de cada especie, VF: Valor fitosociológico del sub-estrato, i: inferior; m: medio; s: superior, PSR: posición sociológica relativa.

Figura 16

Matriz de diagrama de dispersión de número de especies según el sustrato de la PPM-1 y 4



5.2. Análisis inferencial

5.2.1. Biomasa aérea y Stock de Carbono en diferentes altitudes

En las dos parcelas permanentes evaluadas de 1 ha se encontraron 1235 individuos. Se registraron 45 familias y 167 especies (Tabla 11).

Realizando las comparaciones en las dos parcelas estudiadas se evidencia que la PPM-1 presenta la menor riqueza con 113 especies y la PPM-4 con mayor riqueza con 114 especies. Asimismo, se puede observar que la PPM-4 es superior de la PPM-1 en las variables Área basal (m^2/ha), N° familias, Diámetro Max. al POM (cm), Altura Max. (m), obteniendo así un total de $387.64Tha^{-1}$ en Biomasa aérea en comparación de la PPM-1 con $214.38Tha^{-1}$ y el 50% de los valores de cada parcela permanente respecto al Stock de Carbono en diferentes altitudes.

Tabla 11

Resumen de variables en consideración para la estimación de biomasa aérea y stock de carbono total.

Variab les	PPM-1	PPM-4
N° Individuos	680	555
N° Total de individuos		1235
Área basal (m^2/ha)	29.30	35.46
N° Especies	113	114
N° Total de especies		167
N° Familias	35	39
N° Total de familias		45
Diámetro Max. al POM (cm)	70.16	130.32
Altura Max. (m)	38.94	58.64
Densidad de madera Max. (g/cm^3)	0.93	0.90
Altitud (m.s.n.m.)	735	875
Biomasa aérea (Tha^{-1})	214.38	387.64
Stock de carbono (Tha^{-1})	107.19	193.82

Las dos especies con mayor biomasa aérea y stock de carbono almacenado en la PPM-1 fue *Parkia panurensis* (37.04Tha⁻¹ y 18.52Tha⁻¹) seguido de *Casearia ulmifolia* (11.75Tha⁻¹ y 5.88Tha⁻¹) respectivamente, registrando a 735m.s.n.m. un total de 214.38Tha⁻¹ de biomasa aérea. Asimismo, en la PPM-4 fue *Cedrelinga cateniformis* (55.43Tha⁻¹ y 27.71Tha⁻¹) seguido de *Senefeldera inclinata* (41.08Tha⁻¹ y 20.54Tha⁻¹) respectivamente, registrando un total de 387.64Tha⁻¹ de biomasa aérea a una altitud aproximada de 875 m.s.n.m. (Tabla 12 y Figura 17).

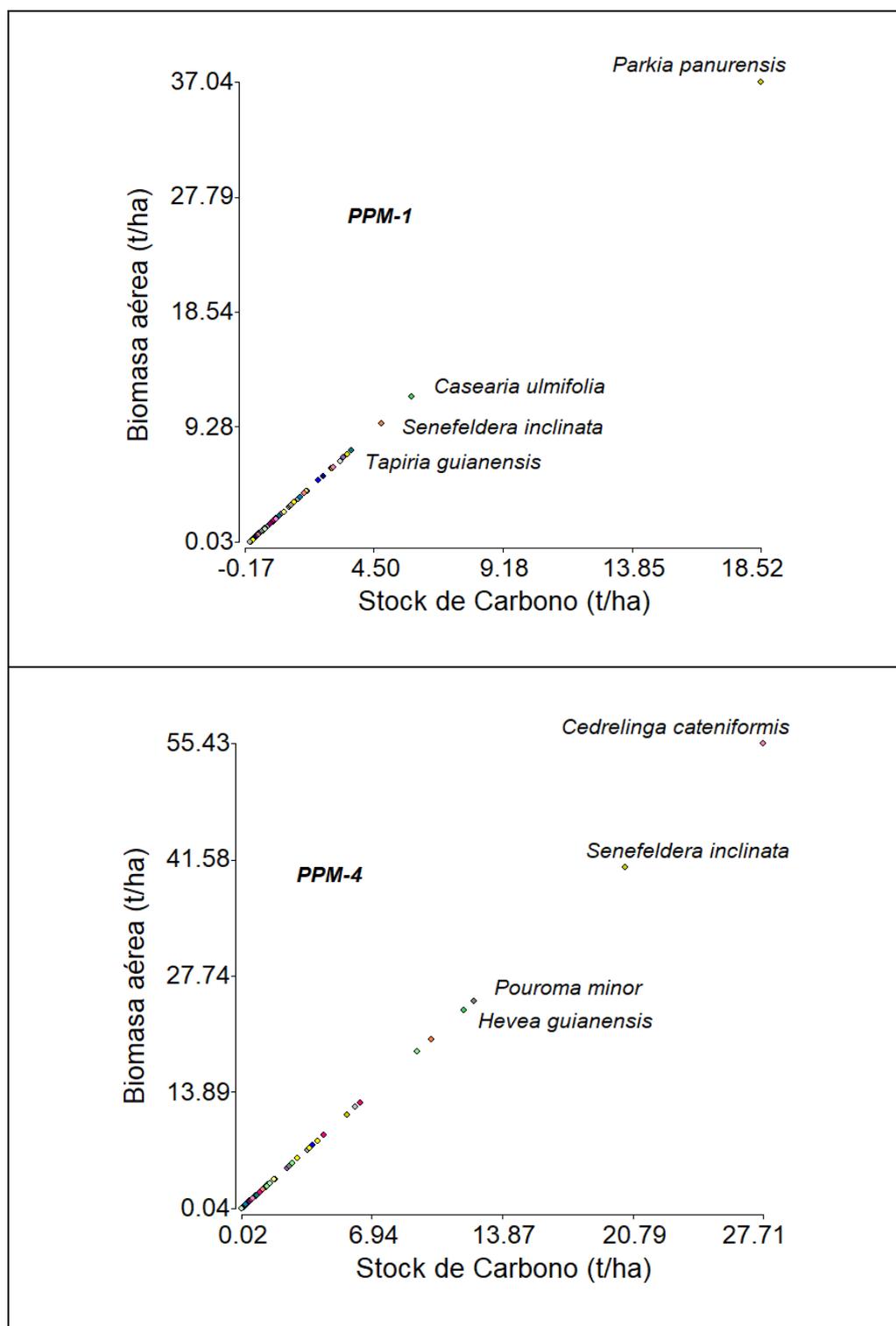
Tabla 12

Estimación de biomasa aérea y stock de carbono almacenado en diferentes altitudes

N°	PPM-1 (735 m.s.n.m.)			PPM-4 (875 m.s.n.m.)		
	Especie	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)	Especie	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
1	<i>Parkia panurensis</i>	37.04	18.52	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	55.43	27.71
2	<i>Casearia ulmifolia</i>	11.75	5.88	<i>Senefeldera inclinata</i>	41.08	20.54
3	<i>Senefeldera inclinata</i>	9.57	4.79	<i>Pourouma minor</i>	24.73	12.37
4	<i>Tapirira guianensis</i>	7.39	3.69	<i>Hevea guianensis</i>	23.61	11.81
5	<i>Schefflera morototoni</i>	7.05	3.52	<i>Osteophloeum plastyspermum</i>	20.21	10.1
6	<i>Jacaranda copaia</i>	6.82	3.41	<i>Dacryodes nitens</i>	18.69	9.35
7	<i>Virola pavonis</i>	6.55	3.28	<i>Guatteria guentheri</i>	12.63	6.32
8	<i>Tachigali macbridei</i>	6.03	3.01	<i>Vochysia biloba</i>	12.13	6.07
9	<i>Qualea amoena</i>	6	3	<i>Otoba parvifolia</i>	11.22	5.61
10	<i>Pourouma minor</i>	5.92	2.96	<i>Warszewiczia indet</i>	8.75	4.38
	Otras 103 especies	110.26	55.13	Otras 104 especies	159.15	79.57
	Total (Tha⁻¹)	214.38	107.19	Total (Tha⁻¹)	387.64	193.82

Figura 17

Diagrama de dispersión entre la biomasa aérea y stock de carbono almacenado por especie.



En cuanto a la distribución de la biomasa aérea en relación al diámetro en la PPM-1 con 680 individuos se observa en la Tabla 13 y Figura 18, la acumulación de la biomasa aérea por clases diamétricas, donde los mayores valores de biomasa aérea se encuentran representado por 175 individuos con POM de [20-30> cm, aportando $59.50 \pm 0.01 \text{Tha}^{-1}$, seguido de la primera clase diamétrica con 406 individuos cuyos diámetros están entre [10-20> cm, aportan $48.72 \pm 0.00 \text{Tha}^{-1}$ y el árbol que se ubican en categoría diamétrica mayor [70-80] aporta $3.13 \pm 0.00 \text{Tha}^{-1}$.

La tendencia de la distribución de la biomasa aérea en relación al diámetro en la PPM-4 es muy diferente; con 555 individuos donde se observa que (Tabla 13 y Figura 18) la acumulación de la biomasa aérea por clases diamétricas, donde el mayor valor de biomasa aérea se encuentra representado por 42 individuos con POM de [40-50> cm, aportando $70.14 \pm 0.10 \text{Tha}^{-1}$, seguido de la segunda clase diamétrica con 146 individuos están entre [20-30> cm, aportan $62.78 \pm 0.01 \text{Tha}^{-1}$ y el árbol que se ubican en categoría diamétrica mayor [130-140] aporta $24.64 \pm 0.00 \text{Tha}^{-1}$. Asimismo, se observa en la Tabla 4 y Figura 21 el stock de carbono almacenado siendo el 50% de lo estimado en la biomasa aérea en ambas parcelas.

Tabla 13

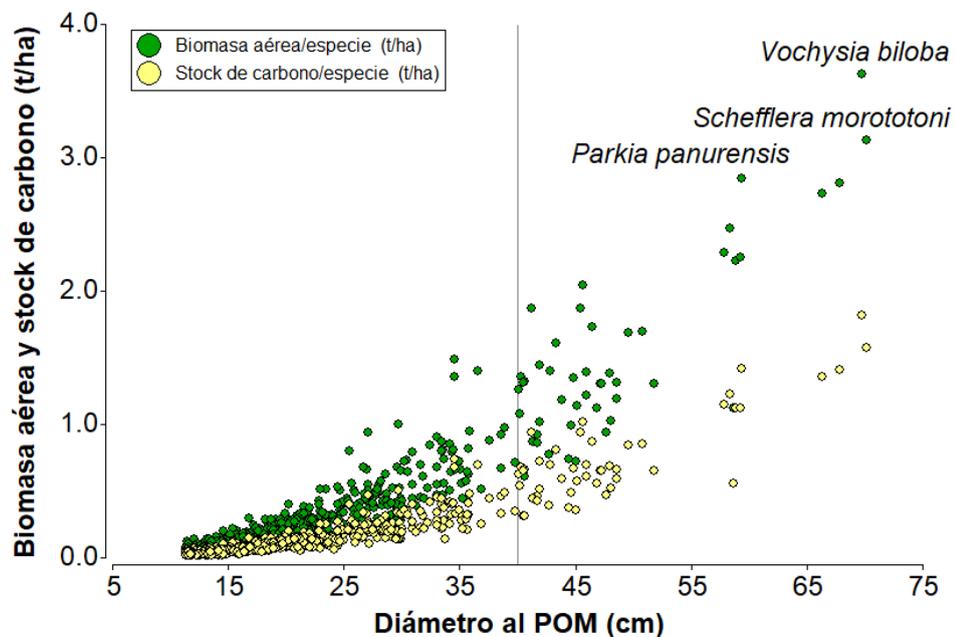
Estadística descriptiva de medidas de resumen de Biomasa arborea y Stock de carbono almacenado en la PPM-1 y 4.

PPM	Clases	N°	C.V	Biomasa arborea					Stock de carbono				
				Media±E.E	D.E	Var _(n-1)	Min	Max	Media±E.E	D.E	Var _(n-1)	Min	Max
1	[10-20>	406	49.11	48.72±0.00	0.06	0.00	0.01	0.33	24.36±0.00	0.03	0.00	0.01	0.17
1	[20-30>	175	42.06	59.50±0.01	0.14	0.02	0.10	1.00	29.75±0.01	0.07	0.00	0.05	0.50
1	[30-40>	51	35.44	35.19±0.03	0.25	0.06	0.28	1.49	17.85±0.02	0.12	0.02	0.14	0.74
1	[40-50>	36	28.92	43.92±0.06	0.35	0.12	0.61	2.04	21.96±0.03	0.18	0.03	0.31	1.02
1	[50-60>	8	29.39	16.24±0.21	0.60	0.35	1.12	2.84	8.08±0.11	0.30	0.09	0.56	1.42
1	[60-70>	3	16.35	9.18±0.29	0.50	0.25	2.73	3.63	4.59±0.14	0.25	0.06	1.36	1.82
1	[70-80]	1	0.00	3.13±0.00	0.00	0.00	3.13	3.13	1.57±0.00	0.00	0.00	1.57	1.57
4	[10-20>	278	55.60	38.92±0.00	0.08	0.01	0.03	0.43	19.46±0.00	0.04	0.00	0.02	0.22
4	[20-30>	146	40.88	62.78±0.01	0.18	0.03	0.00	1.04	32.12±0.01	0.09	0.01	0.00	0.52
4	[30-40>	58	37.18	50.46±0.04	0.32	0.10	0.00	1.57	24.94±0.02	0.16	0.03	0.00	0.78
4	[40-50>	42	39.07	70.14±0.10	0.65	0.43	0.52	4.29	35.28±0.05	0.33	0.11	0.26	2.15
4	[50-60>	18	23.25	45.72±0.14	0.59	0.35	1.41	3.75	22.86±0.07	0.30	0.09	0.71	1.88
4	[60-70>	3	14.95	12.90±0.37	0.64	0.41	3.71	4.98	6.45±0.19	0.32	0.10	1.85	2.49
4	[70-80>	5	38.19	30.90±1.06	2.36	5.58	2.79	8.75	15.45±0.53	1.18	1.39	1.40	4.38
4	[80-90>	2	3.50	19.52±0.24	0.34	0.12	9.52	10.00	9.76±0.12	0.17	0.03	4.76	5.00
4	[90-100>	1	0.00	9.91±0.00	0.00	0.00	9.91	9.91	4.95±0.00	0.00	0.00	4.95	4.95
4	[120-130>	1	0.00	20.05±0.00	0.00	0.00	20.05	20.05	10.02±0.00	0.00	0.00	10.02	10.02
4	[130-140]	1	0.00	24.64±0.00	0.00	0.00	24.64	24.64	12.32±0.00	0.00	0.00	12.32	12.32

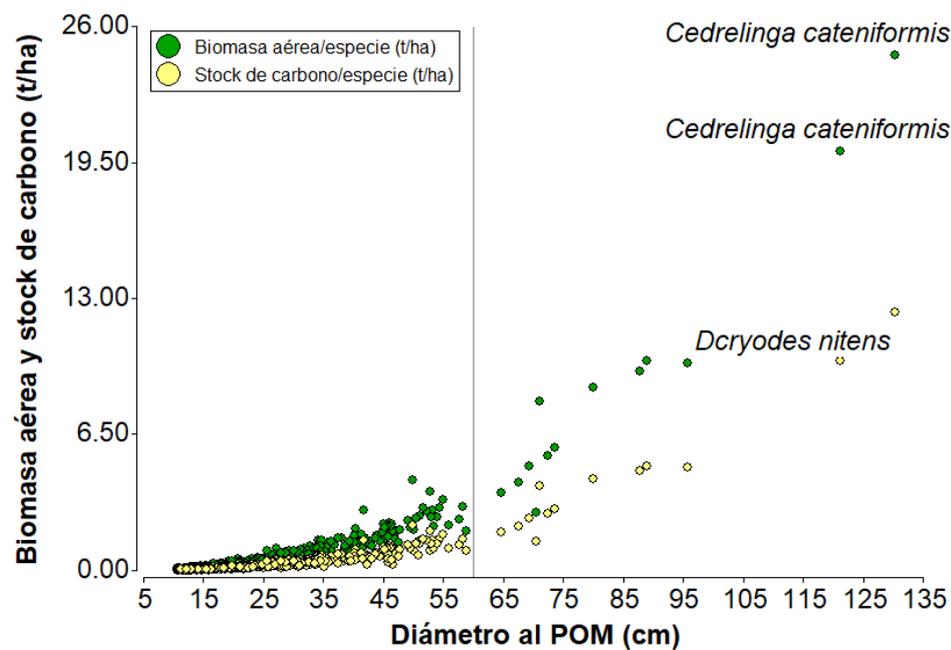
n: Número de especie, EE: Error estándar, DE: Desviación estándar, Var_(n-1): Varianza, CV: Coeficiente de variación

Figura 18

Distribución de la biomasa y stock de carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en la PPM-1

**Figura 19**

Distribución de la biomasa y stock de carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en la PPM-4



5.3. Discusión de resultados

5.3.1. *Diversidad estructural en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.*

El uso de la tecnología electrónica en el levantamiento de las parcelas permitió una alta eficiencia en campo, en términos de la instalación de las parcelas y el posicionamiento de los individuos en campo, ya que el uso de estos dispositivos electrónicos permitieron agilizar aspectos tales como la delimitación de subparcelas además de una alta precisión en el posicionamiento de los árboles muestreados en ambas parcelas con una precisión de 3 a 5 cm de precisión en distancia (Figura 7 y 8) (IFER, 2018).

Teniendo en cuenta lo mencionado, estudios realizados por (Němec, 2015) establecen que frente a inventarios realizados por método tradicional, el uso de tecnología electrónica puede reducir en un 26% el tiempo de ejecución de un inventario forestal en la Amazonía peruana, además de evidenciar los desfases en el posicionamiento cartográfico de los árboles al no tener en cuenta la declinación magnética lo cual provoca diferencias en distancia desde 1 hasta 178 metros de diferencia, entre otros aspectos en relación al número de individuos muestreados, áreas basales y volúmenes con lo cual se resalta la evidencia en términos de los múltiples errores que se pueden cometer mediante métodos tradicionales.

El estudio de Goicochea-Larrea (2019), que registró todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) mayor o igual a 10 cm, identificó 11 familias, 15 géneros y 15 especies. La distribución por clases diamétricas mostró un patrón de "J" invertida, un comportamiento similar al observado en el trabajo de investigación.

En cuanto a la posición sociológica, *Lourtella resinosa* fue la especie más imponente según Goicochea-Larrea, representando el 30.74% de la distribución. Sin embargo, en el trabajo de investigación, *Senefeldera inclinata* ocupó esta posición dominante, lo que podría deberse a la dinámica poblacional y al tipo específico de bosque estudiado. Estas diferencias resaltan la variabilidad en la composición de

especies y la importancia de considerar las características específicas de cada área boscosa al interpretar los resultados.

Cueva et al. (2019) recopiló datos en altitudes desde 1.750m a 2.320m.s.n.m. árboles con d.a.p. ≥ 10 cm. La masa forestal presentó un área basal de 29.48m². Concluyendo que, conforme se incrementa la altitud aumenta la riqueza, estructura y la biomasa. Corroborando una vez más el comportamiento de la diversidad estructural a diferentes altitudes.

Suatunce y Salazar (2019) manifiestan que, la mayor cantidad de individuos se registraron en la especie *Triplaris cumingiana* con 33 individuos en todas las secciones del bosque. Mediante el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) se concluyó que fue la especie *Anacardium excelsum* (caracolí) (10.89%). A diferencia en el trabajo de investigación la especie que más abunda es la *senefeldera inclinata* con 164 individuos que representa 29.55% y un IVI de la misma especie con 16.36% PPM-4 y PPM-1 con 10.24%, superando los datos obtenidos por Suatunce y Salazar el año 2019 esto se deberá a la gran diversidad de especies y mayor valor ecológico como el perfil de vegetación de la *Parkia panurensis* con 20.59% de posición sociológica en la PPM-1 y *Senefeldera inclinata* con 88.46% en la PPM-4, Pinedo (2013) determinó la composición florística utilizando tecnología Field-Map en una parcela permanente de medición (PPM) de 100m x 100m. El índice de valor de importancia estuvo constituido por: *Iryanthera laevis* y *Pourouma minor*. Las más abundantes fueron: *Iryanthera laevis*, y *Pourouma minor* de 624 individuos comprendidos entre fustales, palmeras y árboles maduros, a diferencia que en el trabajo de investigación solo se tomaron fustales y árboles maduros.

Los estudios de Hernández y Giménez (2016) sobre la diversidad estructural y composición florística de un bosque en el Chaco Serrano identificaron 63 especies, 44 géneros y 23 familias. Al analizar el índice de posición sociológica para el estrato arbóreo, se observó que el rango de alturas totales estaba entre 3.77 m y 16 m. Este dato resulta muy similar al obtenido para el piso inferior de la posición sociológica de las PPM-1 y PPM-4, pero significativamente inferior al compararlo con el piso

superior en ambas parcelas de investigación. Esta discrepancia podría deberse a la riqueza particular del bosque estudiado.

Lamprecht (1990) y Acosta et al. (2006) indican que algunas especies muestran un comportamiento de distribución vertical continua, es decir, se encuentran en todos los pisos del bosque. Además, Porrás-Jiménez et al. (2014) señalan que los índices de valor de importancia de algunas especies varían significativamente con respecto a la altitud. Este comportamiento, junto con la altitud y las condiciones climáticas del sitio, proporciona información valiosa sobre la dinámica estructural y la composición de las poblaciones, actuando como un indicador del impacto del cambio climático.

Zamora Ávila (2010) analizó la composición florística y estructural de un bosque transicional de húmedo a seco, identificó 69 especies con un área basal de 31.38 m²/ha, 371.5 árboles/ha, y un dosel que alcanzaba los 35 m de altura. Este bosque presentaba una estructura con un piso superior de más de 23 m de altura, un piso medio entre 11 y 23 m, y un piso inferior de menos de 11 m. El área mínima de muestreo obtenida fue de 1 ha.

La diferencia observada con los resultados del trabajo de investigación podría atribuirse al tipo específico de bosque estudiado. Diferentes tipos de bosques, ya sea por su ubicación geográfica, características climáticas o composición de especies, pueden presentar variaciones sustanciales en su estructura y composición, lo que destaca la importancia de considerar el contexto específico de cada estudio al interpretar los resultados.

5.3.2. Biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.

Al determinar la biomasa aérea con el método tradicional es muy probable según (Němec, 2015) obtener errores que pueden llegar a convertirse en factores negativos en aspectos clave del manejo forestal y en el caso de acceso a proyectos REDD+ en donde existe un mayor beneficio en términos de la precisión y la calidad de la información donde (Chave, et al., 2014) resaltan en el marco de estos proyectos en la generación de mecanismos para actividades en la mitigación del cambio climático, a

la altura total como una variable crítica en modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea y es recomendable el uso de dispositivos láser con precisión decimétrica para la obtención de esta variable.

La reserva de biomasa aérea estimada en la PPM-4 a 875 m.s.n.m. fue 387.64Tha^{-1} y un Stock de Carbono 193.82Tha^{-1} . (Carreño y Porras, 2021) estimó un total de $247.55 \pm 14.79\text{Tha}^{-1}$ de biomasa aérea, $123.77 \pm 7.39\text{Tha}^{-1}$ de CO_2 . A una altitud de 1000m.s.n.m. Según el trabajo de investigación se concluye que a mayor altura mayor biomasa aérea, lo cual no concuerda con lo establecido por (Carreño y Porras, 2021) esto se debe que el trabajo en campo lo realizaron de manera tradicional y es posible que se haya sobreestimado la altura total. Siendo corroborado por (Němec, 2015) que los datos obtenidos tradicionalmente obtienen errores que pueden llegar a convertirse en factores negativos y que para el caso de proyectos REDD+ es necesario tener mayor precisión en la información obtenida en campo.

Por otro lado, el elevado contenido de carbono almacenado en los bosques de altitudes más elevadas podría atribuirse a su mayor área basal en comparación con los bosques situados a altitudes más bajas, como han señalado Jadán et al. (2017) y Cueva et al. (2019). Según estos estudios, el aumento en la altitud se correlaciona con un incremento en la densidad forestal y el área basal, factores que, a su vez, contribuyen al aumento de la biomasa aérea.

Además, los cambios en las reservas de carbono forestal están vinculados a características específicas, como el diámetro de los árboles, su edad, la densidad poblacional y el tipo de bosque. Estos elementos influyen de manera significativa en la capacidad del bosque para almacenar carbono, y comprender estas relaciones es esencial para evaluar y gestionar eficazmente estos ecosistemas en el contexto de la mitigación del cambio climático (Chave, 2006; Brown, 1997).

Los estudios mencionados ofrecen valiosa información sobre la biomasa aérea y el almacenamiento de carbono en diferentes altitudes. Según Segura et al. (2019), quienes se enfocaron en especies con un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) $\geq 10\text{cm}$,

el mayor almacenamiento de carbono se registró en los bosques del subpáramo, alcanzando 242 Mg/ha.

Pallqui et al. (2014) evaluaron cambios en la biomasa aérea almacenada utilizando la red de parcelas de RAINFOR. Estimaron una biomasa aérea promedio de 296.2 ± 33.9 Mg/ha, y este valor fue inferior a los obtenidos utilizando tecnología electrónica en el trabajo de investigación.

Por otro lado, Cueva et al. (2019) establecieron conglomerados a diferentes altitudes y observaron que a medida que aumentaba la altitud, también lo hacía la biomasa forestal. Concluyeron que la altitud es una variable topográfica relevante en los estudios sobre biodiversidad.

Estos hallazgos destacan la variabilidad en el almacenamiento de carbono y la biomasa aérea en función de la altitud, subrayando la importancia de considerar factores topográficos en investigaciones relacionadas con la biodiversidad y el ciclo del carbono.

5.4. Aporte científico de la investigación

La metodología empleada para procesar los datos se basó en el catálogo Field-Map, un sistema electrónico diseñado principalmente para la recopilación de datos en entornos forestales. Este sistema destaca por su flexibilidad, precisión y capacidad de innovación, optimizando y satisfaciendo las necesidades en el sector forestal. Además de ahorrar tiempo, ofrece la posibilidad de corregir errores, calcular variables de manera alternativa y facilitar la evaluación a nivel individual, así como el manejo posterior de los datos, proporcionando herramientas eficaces para su análisis. El software utilizado, Data Collector, que forma parte de la interfaz de la tecnología Field-Map, respalda a múltiples brigadas de campo. La tecnología electrónica implementada se basa en el uso eficiente de dispositivos de medición electrónicos, como el TruPulse 360 R, que combina láser, inclinómetro y brújula electrónica. Este equipo, reconocido por su precisión en la toma de datos en campo abierto, desempeña un papel innovador en el proceso de medición.

Asimismo, El proceso de identificación de especies se llevó a cabo utilizando nombres científicos con el respaldo de especialistas botánicos del Herbario Selva Central Oxapampa, que es la estación biológica del Jardín Botánico de Missouri. La remediación y el establecimiento de las parcelas se llevaron a cabo siguiendo el manual de la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR). Esta metodología permitió la determinación de la diversidad estructural, la biomasa aérea y el almacenamiento de carbono en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). Es esencial señalar que la teoría utilizada se enfoca en bosques tropicales.

Los resultados obtenidos no solo facilitarán la comparación con estudios similares, sino que también servirán como una valiosa fuente de datos para investigaciones futuras y podrán ser replicados en otras situaciones con condiciones similares. En cuanto a los resultados, como el valor ecológico, la composición florística, la posición sociológica y la distribución diamétrica en el contexto de la dinámica funcional del BRUNAS, se destaca la necesidad de poner mayor énfasis en los planes forestales. Esto se centra en mejorar la dinámica poblacional desde una perspectiva silvicultural, y se sugiere considerar el Plan de Bienestar Social 2023 del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Los resultados demuestran que el bosque reservado desempeña un papel significativo como sumidero de carbono, destacando su importancia en el contexto de la mitigación del cambio climático.

CONCLUSIONES.

1. La utilización de tecnología electrónica en el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo no solo proporciona una elevada precisión en el campo, sino que también garantiza una eficacia en el posicionamiento de individuos, lo cual resulta crucial para un monitoreo exitoso. En la investigación, se explora cómo la variación altitudinal afecta la diversidad estructural y la biomasa aérea en un bosque tropical mediante el uso de parcelas permanentes y tecnología electrónica, pudiendo manifestar que es a causa de las variables meteorológicas como la precipitación, temperatura y la humedad.
2. Se determinó el índice de valor de importancia, de las 10 especies con mayor valor ecológico en la PPM-1 y 4 representando 43.22% y 44.96% respectivamente, la especie con mayor Índice de Valor de Importancia de la PPM-1 con 113 especies fue: *Parkia panurensis* (10.24%) con 64 individuos fue la más abundante, frecuente y dominante con (9.41%); (4.62%) en 18 subparcelas y (16.70%) respectivamente. A mayor altitud el IVI en la PPM-4 con 114 especies fue: *Senefeldera inclinata* (16.36%) con 164 individuos fue la más abundante, frecuente y dominante con (29.55%); (7.34%) en 24 subparcelas y (12.18%) respectivamente.
3. Se determinó la distribución de los individuos formando una clásica “J” invertida. De 680 individuos registrados en la PPM-1 la mayoría son relativamente pequeños (85.55%) 581 individuos con diámetro al POM < a 30cm (Max: 29.98) y > a 10cm (Min: 11.33), existiendo mayor dispersión en el rango de [10-20cm> con un CV de 16.35%, asimismo, de 555 individuos en la PPM-4 la gran mayoría son pequeños en diámetro (76.40%) 424 individuos con un diámetro al POM < a 30cm (Max: 29.79). existiendo mayor dispersión en el rango de [10-20cm> con un CV de 17.14%.
4. Se determinó la Posición sociológica, para la PPM-1, presentó 91 individuos en el estrato inferior (<12.98m de altura), en el piso medio registró 546 individuos y en el piso superior (>25.96m de altura) hubo 43 individuos, siendo *Parkia panurensis* (20.59%) con mayor posición sociológica con 64 individuos por hectárea, en caso de la PPM-4, se registró 261 individuos en el piso inferior (<19.55m de altura

total), 275 individuos en el piso medio y 19 individuos en el estrato superior (>39.09m de altura total), siendo *Senefeldera inclinata* con mayor posición sociológica (88.46%) con 164 individuos por hectárea. Existe mayor dispersión en el piso medio PPM-1 y para la PPM-4 mayor dispersión se encontró en el piso inferior.

5. Se concluyó que usando tecnología electrónica a mayor altitud mayor será la biomasa aérea, encontrando las dos especies con mayor biomasa aérea y stock de carbono almacenado en la PPM-1 fue *Parkia panurensis* (37.04Tha⁻¹. y 18.52Tha⁻¹.) seguido de *Casearia ulmifolia* (11.75Tha⁻¹. y 5.88Tha⁻¹.) respectivamente a 735 m.s.n.m. Asimismo, en la PPM-4 fue *Cedrelinga cateniformis* (55.43Tha⁻¹. y 27.71Tha⁻¹.) seguido de *Senefeldera inclinata* (41.08Tha⁻¹. y 20.54Tha⁻¹.) respectivamente, a una altitud aproximada de 875 m.s.n.m.

SUGERENCIAS.

1. Ejecutar Planes de Manejo Forestal en el BRUNAS, para la conservación y el equilibrio de la dinámica poblacional de las especies forestales, La implementación exitosa de estos planes puede jugar un papel vital en la gestión responsable de los recursos naturales y en la preservación de la biodiversidad.
2. Determinar el carbono orgánico del suelo, para obtener el potencial oculto siendo el componente principal de la materia orgánica del suelo y de esta manera obtener el carbono almacenado total en bosques.
3. Realizar estudios relacionados con el clima (temperatura, radiación solar, precipitaciones y humedad), y suelos para relacionar el tipo de suelo con las especies a desarrollarse en este ecosistema.
4. Realizar tratamientos silviculturales en especial a las especies que dominan el bosque en el piso superior, de esta manera existirá un mayor equilibrio en la Posición sociológica referente a los pisos inferior y medio, garantizando la supervivencia de especies que no toleran la sombra.
5. Utilizar el software Data Collector y el hardware TruPulse 360 R (Field-Map), que viene hacer un sistema electrónico para coleccionar datos de campo enfocado principalmente a los bosques, este sistema permitirá a la industria forestal optimizar, satisfacer necesidades e innovar ya que es altamente flexible y de precisión, porque además de ahorrar tiempo, también corrige errores.

REFERENCIAS.

- Helmisaari, H. S., Makkonen, K., Kellomäki, S., Valtonen, E., & Mälkönen, E. (2002). Below- and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland. *Forest Ecology and Management*, 165, 317-326. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00648-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00648-X)
- Stern, N. (2006). the economics of climate change. *World Economics* , 7(2), 10. humphreyfellowship.org/system/files/stern_summary___what_is_the_economics_of_climate_change.pdf
- Achard, F., Boschetti, L., Brown, S., Brady, M., DeFries, R., Grassi, G., . . . Souza, C. (2014). *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. GOF-C-GOLD GOF-C-GOLD Land Cover Project Office. http://www.gofcgold.wur.nl/redd/sourcebook/GOF-C-GOLD_Sourcebook.pdf
- Acosta Mireles, M., Vargas Hernández, J., Velázquez Martínez, A., & Etchevers Barra, J. D. (2002). Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*, 36(6), 725-736. www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/nov-dic/art-10.pdf
- Acosta, V. H., Araujo, P. A., & Iturre, M. C. (2006). Caracteres estructurales de las masas. *UNSE - Serie didáctica sociología vegetal y fitogeografía forestal*, N° 22, 35. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf>
- Aristizábal, J. D. (2011). Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de café (*Coffea arabica* L.) mediante datos simulados. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(1), 49-56. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/756/817>

- Baker, T. R., Phillips, O. L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., . . . Killeen, T. J. (2004). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Boiología Sciences*, 353-365. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1693327/pdf/15212090.pdf>
- Bouroncle Seoane, C. (2008). *Efectos de la fragmentación en la ecología reproductiva de especies y grupos funcionales del bosque húmedo tropical de la zona atlántica de Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4903>
- Brenes, G. (2021). *Parcelas de muestreo permanente, una herramienta de investigación en nuestros bosques*. Programa de Restauración y Silvicultura del Bosque Seco. <https://www.acguanacaste.ac.cr/rothschildia/v1n1/textos/16.html>
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer* (Vol. FAO forestry paper: Food and Agriculture Organization). (1. Food & Agriculture Org., Ed.) Rome, Italy: Reimpresión.
- Brown, S., Gillespie, A. J., & Lugo, A. E. (1989). Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science*, 35(4), 881-902. doi:<https://doi.org/10.1093/forestscience/35.4.881>
- Carreño, M. Y., & Porras, P. C. (2021). *Caracterización florística-estructural, diversidad, biomasa aérea y dinámica de la vegetación en una parcela permanente de monitoreo, parque natural Chicaque*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C: Repositorio UDFJC.
- Casanoves, F., Alejandra Ospina, M., Ruenes Vargas, V., Morfín Ríos, J. E., Carrillo Negrete, O. I., Rangel García, L. A., . . . Morales, W. (2017). *Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales; Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos*. Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza, CATIE.

<https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Casanoves-et-al-2017-Manual-buenas-pr%C3%A1cticas-INF.pdf>

Chao, K. J., Phillips, O. L., Baker, T. R., Peacock, J., Lopez-Gonzalez, G., Vasquez Martínez, R., . . . Torres-Lezama, A. (2009). After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences Discuss*, *6*, 1979-2006. doi:10.5194/bg-6-1615-2009

Chave, J., Muller-Landau, H. C., Baker, T., Easdale, T. A., & Webb, H. T. (2006). Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological Applications*, *16*(6), 2356-2363. doi:[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2356:RAPVOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2)

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., . . . Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, *20*, 3177-3190. doi:10.1111/gcb.12629

Cottam, G., & Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, *37*(1), 451-460.

Cubero Moya, J. A., & Rojas Piedra, S. R. (1999). *Fijación de carbono en plantaciones de melina (Gmelina arborea Roxb.), teca (Tectona grandis L.f.) y pochote (Bombacopsis quinata Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica*. Costa Rica: Repositorio Institucional CATIE. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0267e/A0267e.pdf>

Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019). Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque (Valdivia)*, *40*(3), 365 - 378. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>

Department of Agriculture, F. a. (2007). *National Forest Inventory Republic of Ireland - Results*. Government of Ireland: Springer.

agriculture.gov.ie/media/migration/forestry/nationalforestinventory/nationalforestinventorypublications/4330NFIRResults.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. París, Francia: Institut national de recherche agronomique. <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2006). *Los bosques y el cambio climático*. Recuperado el 12 de enero de 2020, de <http://www.fao.org/Newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>

FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. Roma: Compendio de datos. <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Principales resultados*. Roma. <http://www.fao.org/3/CA8753ES/CA8753ES.pdf>

Goicochea Larrea, L. M. (2019). *Caracterización florística y estructural de las plantas leñosas del bosque seco El Hualango, caserío Huacra en Sitacocha, Cajabamba*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajabamba, Perú: Repositorio UNC. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3470>

Gutiérrez, F. (2007). *Plan de ordenación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Lima, Perú: Repositorio UNALM.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México: McGraw-Hill Education. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- Hernández, P., & Giménez, A. M. (2016). Diversidad, composición florística y estructura en el Chaco Serrano, Argentina. *Madera y bosques*, 22(3), 37 - 48. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231455>
- IFER - Institute of Forest Ecosystem Research. (2018). <https://www.fieldmap.cz/?page=FMDC>
- IFER (Inventario Nacional Forestal de Republica de Eslovaquia) . (2011). Lituanian National Forest Inventory and FieldMap. 28.
- IFER (Inventario Nacional Forestal de Republica de Eslovaquia). (2020). *Wikipedia La enciclopedia libre*. Recuperado el 27 de Julio de 2020, de Field-Map: <https://es.wikipedia.org/wiki/Field-Map>
- Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, A., Zea, P., . . . Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secundarios alto-andinos (Azuay, Ecuador). *Bosque (Valdivia)* , 38(1), 141-154. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000100015>
- Jandl, R. (2001). *Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*. Valdivia, Chile.
- Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Pando-Moreno, M., & González-Tagle, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y bosques*, 15(3), 5-20. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v15n3/v15n3a1.pdf>
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas ; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Alemania: TZ-Verlag-Ges.
- Lasertech. (2005). *Manual para el usuario de la unidad Trupulse de LTI - Trupulse 200/200B*. España: Laser Technology.

<https://www.manualslib.es/manual/8746/Trupulse-200.html?page=1#manual>

MAP GEOSOLUTIONS. (2010). <http://www.mapgs.com.pe/fieldmap>

Martinez - Sanchez, J. L. (2016). Comparación de la diversidad estructural de una selva alta perennifolia y una mediana subperennifolia en Tabasco, México. *Madera y bosques*, 22(2), 29-40. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221322>

Matteucci , S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. (E. V. Chesneau, Ed.) Washington, D.C.: Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.

https://aprobioma.files.wordpress.com/2011/03/metod_para_el_estudio_de_la_vegetacion_archivo1.pdf

MINAM (Ministerio del Ambiente). (2020). *Inventario Nacional de gases de efecto invernadero*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <http://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/intro/>

MINAM (Ministerio del Ambiente). (2015). *Esda-Estudio de desempeño ambiental 2003-2013*. Lima, Perú: MINAM.

https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/esda_2003-2013.pdf

MINAM (Ministerio del Ambiente). (2016). *El Perú y el Cambio Climático; Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas* (Vol. Primera edición). Lima, Perú: Ministerio del Ambiente. minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicación.pdf

Némec, P. (2015). Comparación del método moderno de inventario forestal con el método común de gestión de selva tropical en la Amazonia Peruana. *Journal of Tropical Forest Science*, 27(1), 80-91. <https://www.frim.gov.my/v1/JTFSONline/jtfs/v27n1/080-091.pdf>

- Orellana-Rivadeneira, G., Sandoval-Solís, M. L., Linares-Fleites, G., García-Calderón, N. E., & Tamariz-Flores, J. V. (2012). Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios. *avances en ciencias e ingeniería*, 3(1), 123-135. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Orellana-et-al-2012.pdf>
- Orozco Vilchez, L. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* (Vol. 50). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE.
- Pallqui, N. C., Monteagudo, A., Phillips, O. L., Lopez-Gonzalez, G., Cruz, L., Galiano, W., . . . Vasquez, R. (2014). Dinámica, biomasa aérea y composición florística en parcelas permanentes Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 21(3), 235-242. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332014000300006
- Pallqui, N. C., Monteagudo, A., Phillips, O. L., Lopez-Gonzalez, G., Cruz, L., Galiano, W., . . . Vasquez, R. (2014). Dinámica, biomasa aérea y composición florística en parcelas permanentes Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 21(3), 235 - 242. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i3.10897>
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghto, R., Kauppi, P. E., & Kurz, W. A. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, 333, Issue 6045, 988-993. doi:10.1126/science.1201609
- Peichl, M., & Arain, M. (2007). Allometry and partitioning of above- and belowground tree biomass in an age-sequence of white pine forests. *Elsevier B.V.*, 253, 68-80. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.07.003>
- Phillips Bernal, J. F., Yepes Quintero, A. P., García Dávila, M. C., & Duque Montoya, Á. J. (2011). *Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*

Estratificación, alometría y métodos analíticos. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales - IDEAM. https://www.researchgate.net/profile/Esteban_Alvarez_Davila/publication/273305979_Estimacion_de_las_reservas_actuales_2010_de_carbono_almacenadas_en_la_biomasa_aerea_en_bosques_naturales_de_Colombia_Estratificacion_alometria_y_metodos_analiticos/links/54f

Phillips, O., Baker, T., Feldpausch, T., & Brien, R. (2016). *RAINFOR Manual de campo para el establecimiento y la remediación de parcelas* (Segunda ed.). https://forestplots.net/upload/es/recursos/RAINFOR_field_manual_ES.pdf

Pinazo, M. A., & Gasparri, N. I. (2003). Cambios estructurales causados por el aprovechamiento selectivo en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. *Ecología Austral*, 13, 160-172. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v013_n02_p160.pdf

Pinedo, J. (2013). *Determinación de la composición florística en parcela permanente de medición (PPM) utilizando tecnología Field-Map en el BRUNAS*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú: Repositorio UNAS.

Porrás-Jiménez, M. A., Acosta-Vargas, L. G., Castillo-Ugalde, M., & Quesada-Monge, R. (2014). Estructura y composición florística del bosque nuboso de la Isla del Coco. *Tecnología en Marcha; IV Encuentro de Investigación y Extensión*, 22-36. doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v27i0.2011>

Puerta Tuesta, R. H., & Cardenas Meza, P. J. (2012). El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). *Xilema*, 25(1), 4. <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/article/view/650/634>

Rodríguez, T. W. (2001). *Estudio cuantitativo de la diversidad forestal del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú: Repositorio UNAS.

<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/567/T.FRS-16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Schlege, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2001). *Manual de Procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. Universidad Austral De Chile, Valdivia.
<https://www.uach.cl/externos/proforma/carbono/manincar.pdf>

Sebastián Nogués, F., García-Galindo, D., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la biomasa* (Vol. 1). Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (29 de enero de 2018). *Incendios forestales y cambio climático*.
<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/incendios-forestales-y-cambio-climatico>

Segura Madrigal, M. A., Andrade Castañeda, H. J., & Mojica Sánchez, C. A. (2019). Estructura, composición florística y almacenamiento de carbono en bosques nativos del páramo de Anaimé, Tolima, Colombia. *Ciência Florestal*, 29(1), 157 - 168. doi:<http://dx.doi.org/10.5902/1980509826551>

Šmelko, S., & Merganič, J. (2008). Some methodological aspects of the National Forest Inventory and Monitoring in Slovakia. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 476-483. doi:<https://doi.org/10.17221/26/2008-JFS>

Soto Shareva, Y. (2016). *Inventario dendrológico una parcela permanente de medición del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú*. Tingo María: Repositorio UNAS.

Suárez-Mayorga, A. M., & Bello, J. C. (2012). *Marco técnico y operativo para la construcción de la Estrategia del INB. Esquema conceptual y operativo para el desarrollo de la Enibio* (Primera ed.). Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Suatunce Cunuhay, P., & Salazar Zambrano, A. N. (2019). *Diversidad florística y estructura en tres áreas del bosque protector pedro franco dávila, recinto Jauneche, cantón Palenque, año 2019*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Guayaquil, Ecuador: Repositorio - UTEQ. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3761>
- Ureta , A. M. (2009). *Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco-Perú*. Tesis (Biólogo-Microbiólogo), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Valdespino, G., & Serrano, Y. (2011). *Descripción de la estructura arbórea de una parcela de bosque de tierras bajas aledaño al río Imali, Comarca de Madugandi, Provincia de Panamá*. Panama: Panaman. UP. .
- Vallejo, Á., Rodríguez Noriega, P., & Martínez Alonso, C. (2008). *Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía* (Vol. Serie técnicaManual técnico no. 83). (Z. Salinas, & P. Hernández, Edits.) Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). https://www.researchgate.net/publication/235719556_Preguntas_frecuentes_sobre_estimaciones_de_carbono_en_proyectos_forestales_MDL
- Valtueña, J. A. (2002). *Enciclopedia de Ecología y la Salud* (Vol. Primera edición). Ginebra: Safeliz, S.L. https://books.google.com.pe/books?id=7U_jyD0k0-UC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Walker, W. A., Baccini, M., Nepstad, N., Horning, D., Knight, E., Braun, E., & Bausch, A. (2011). *Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal*. Massachusetts, USA: Woods Hole Research Center, Falmouth.
- World Wildlife Fund [WWF]. (21 de Febrero de 2021). *Bosques y asuntos indígenas*. https://www.wwf.org.pe/nuestro_trabajo/bosques/

- Yáñez, A. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? *Gaceta Ecológica*, 5-18.
- Yepes, A. P., Navarrete, D. A., Duque, A. J., Phillips, J. F., Cabrera, K. R., Álvarez, E., . . . Ordoñez, M. F. (2011). *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia*. (B. D. Colombia, Ed.) Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022101/022101.htm>
- Zamora Ávila, M. (2010). *Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3017/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zanne, A. E., Lopez Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., . . . Chave, J. (2009). Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. *Global Wood Density Database*, 2. doi:10.5061/dryad.234
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J. I., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 26(1), 1-17. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100001

ANEXOS

ANEXO 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA AÉREA EN DIFERENTES ALTITUDES A TRAVÉS DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>– Como afecta la variación altitudinal dentro de un bosque tropical la diversidad estructural y los niveles de biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.</p> <p>Específicos</p> <p>– Como afecta la variación altitudinal dentro de un bosque tropical la diversidad estructural a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.</p> <p>– Como afecta la variación altitudinal dentro de un bosque tropical la biomasa aérea a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.</p>	<p>Principal:</p> <p>– Determinar la diversidad estructural y biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.</p> <p>Específicos:</p> <p>– Determinar la diversidad estructural en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.</p> <p>– Estimar la biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica.</p>	<p>La mayoría de investigaciones con especies forestales en los bosques tropicales de nuestra Amazonía Peruana, se ejecutan a nivel de nombre vulgar o identificados por profesionales o instituciones no especializados. Asimismo, la altura y diámetro son realizados mediante estimaciones y usando materiales de baja precisión respectivamente, dotándole de resultados no confiables por su autenticidad al determinar la diversidad estructural, biomasa aérea etc.</p> <p>Por lo mencionado el trabajo de investigación se concentra en realizar un monitoreo de las PPMs, que se encuentra en bosque colina baja y alta, ubicados en el BRUNAS. Teniendo en cuenta que, las especies forestales de éstas dos parcelas permanentes se encuentran identificadas y certificadas a nivel de nombre científico por el Herbario HOXA, siendo el primer herbario peruano organizado con las familias de angiospermae propuestas en el APG-2003, con una estrecha colaboración con el Jardín Botánico de Missouri y la Universidad Internacional de Florida.</p> <p>A pesar de la importancia de entender cómo la altitud influye en la diversidad estructural y la biomasa aérea de los bosques, existen vacíos en la literatura científica. Además, la mayoría de las investigaciones se han basado en métodos tradicionales de medición, que pueden ser costosos y requerir mucho tiempo. La aplicación de tecnología electrónica en la medición forestal no se ha explorado ampliamente en contextos de alta altitud, a pesar de sus posibles ventajas.</p> <p>Esta tesis doctoral conlleva a llenar estos vacíos de conocimiento al investigar la diversidad estructural y la biomasa aérea en diferentes altitudes utilizando parcelas permanentes de medición y tecnología electrónica avanzada. Al hacerlo, se contribuirá al entendimiento de los efectos de la altitud en la estructura y función de los bosques, lo que a su vez puede informar la toma de decisiones en la gestión forestal, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático.</p> <p>En relación con el tema (Cubero Moya & Rojas Piedra, 1999) Mencionan que, los ecosistemas forestales desempeñan un papel crucial al</p>	<p>– Diversidad estructural</p> <p>– Biomasa aérea y Stock de carbono</p> <p>– Índice de valor de importancia</p> <p>– Estructura diamétrica</p> <p>– Posición sociológica</p> <p>– Diámetro</p> <p>– Altura</p> <p>– Densidad de la especie</p>	<p>Enfoque cuantitativo explicativo con diseño no experimental.</p> <p>Población: El universo estará conformado por las 217.22ha, en las cuales existen especies forestales.</p> <p>Muestra: Debido a que la unidad de estudio es una parcela con dimensiones de 100m x 100m, se considera como muestra a todos los árboles con diámetro a la altura al $POM \geq 10$ cm dentro de las dos parcelas permanentes de medición (PPM-1 y PPM-4) que se encuentran instaladas en el BRUNAS, Tingo María. Se tomó 50 unidades de estudios, las cuales tiene un área de 400m² cada unidad, teniendo como muestra total 20000m², de especies forestales. Para ello el bosque tiene las siguientes características:</p> <p>– Las áreas de investigación tienen aproximadamente cincuenta años de existencia.</p> <p>– Presenta una gran extensión en todo el bosque.</p> <p>– Permite un fácil recorrido en el área de investigación.</p> <p>Técnica de muestreo: El instrumento a utilizar fue la ficha de observación y protocolos, guías que permitieron el desarrollo del proyecto Handheld Algiz 10x (Tablet con FMDC para la colección de datos de campo), TruPulse 360R (Láser range-finder e inclinómetro compacto, ligero y resistente combinado con brújula electrónica), Filtro foliar (filtro de vegetación), Bastón de medida telescópico (Peso: 2800 g, longitud máxima: 4,6 m, longitud mínima: 1,50 m), reflector circular (Peso: 110 g, tamaño: 9 cm de diámetro), Trípode de carbono con base de nivelación (Peso: 1506 g, altura mínima: 16 cm, altura máxima: 145 cm, capacidad de carga: 10 kg), Soporte para láser rangefinder TruPulse (Peso: 444 g, altura: 22 cm), cámara</p>

medición usando
tecnología electrónica.

absorber dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera a través del proceso fotosintético de las plantas. En este proceso, las plantas asimilan el carbono (C) en su estructura y liberan oxígeno (O₂), actuando, así como medidas de mitigación para reducir o mantener los niveles actuales de CO₂ en la atmósfera.

Asimismo, en el área de influencia se localizan especies forestales maderables que tienen mucha importancia para su conservación, por lo que es necesario establecer un manejo adecuado en superficies amortizadas donde se conozcan las especies arbóreas que se encuentran en dichos bosques y no se haya estudiado la diversidad estructural de estas especies empleando tecnología electrónica sobre la diversidad estructural (Índice de valor de importancia, estructura diamétrica y posición sociológica) y biomasa aérea (Altura, diámetro y densidad básica de la especie).

digital, laptop Hp, brújula SUUNTO, GPSmap 60CSx GARMÍN.

ANEXO 02 CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María - Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Carretera Central Km. 121 / Correo Electrónico frnr@unas.edu.pe



"Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional"

Tingo María 04 de enero 2022

Ing. M.Sc.:

DAVID P. QUISPE JANAMPA

Presente. -

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarle muy cordialmente y a la vez AUTORIZAR el ingreso al BRUNAS para realizar la investigación doctoral cuyo título: **"DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA AÉREA EN DIFERENTES ALTITUDES A TRAVÉS DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA"**.

Por lo que mucho agradeceré al personal de la UNAS facilitar al magister DAVID P. QUISPE JANAMPA el apoyo necesario para el cumplimiento de su investigación doctoral.

Agradeciendo por anticipado su atención, me despido de usted, no sin antes manifestar mi estima personal.

Atentamente,


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 TINGO MARÍA
 Dr. Casiano Aguirre Escalante
 DECANO

**BIOMASA AEREA Y STOCK DE CARBONO DE INDIVIDUOS DE LA
PPM-1**

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
Anacardiaceae	10	8.33	4.17
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	1	0.51	0.25
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	3	0.44	0.22
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	6	7.39	3.69
Annonaceae	9	4.27	2.13
<i>Guatteria guentheri</i> Diels	8	4.15	2.07
<i>Guatteria hirsuta</i> Ruiz & Pav.	1	0.12	0.06
Apocynaceae	3	0.24	0.12
<i>Himatanthus sucuuba</i> (Spruce ex Müll. Arg.) Woodson	1	0.07	0.03
<i>Rauwolfia leptopylla</i> A.S. Rao	1	0.1	0.05
<i>Rauwolfia sprucei</i> Müll. Arg.	1	0.07	0.03
Araliaceae	6	4.14	2.07
<i>Dendropanax macropodus</i> (Harms) Harms	1	0.23	0.11
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, S. & Frodin	5	3.92	1.96
Bignonaceae	8	6.82	3.41
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	8	6.82	3.41
Burseraceae	28	5.87	2.94
<i>Dacryodes nitens</i> Cuatrec.	13	2.99	1.49
<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl.	11	1.92	0.96
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	3	0.9	0.45
<i>Trattinnickia aspera</i> (Standl.) Swart	1	0.06	0.03
Calophyllaceae	5	1.62	0.81
<i>Marila tomentosa</i> Poepp.	5	1.62	0.81
Capparaceae	3	0.38	0.19
<i>Preslianthus pittieri</i> (Standl.) Iltis y Cornejo	3	0.38	0.19
Caricaceae	2	0.35	0.17
<i>Jacaratia digitata</i> (Poepp. Y Endl.) Solms	2	0.35	0.17
Chrysobalanaceae	3	2.34	1.17
<i>Couepia williamsii</i> JF Macbr.	2	0.3	0.15
<i>Licania canescens</i> Benoist	1	2.04	1.02
Clusiaceae	7	2.99	1.49
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	7	2.99	1.49
Combretaceae	3	0.93	0.46
<i>Buchenavia grandis</i> Ducke	1	0.4	0.2
<i>Buchenavia macrophylla</i> Eichler	2	0.53	0.26
Euphorbiaceae	79	15.83	7.91
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	5	1.66	0.83
<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	1	0.39	0.2
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	7	2.84	1.42
<i>Mabea speciosa</i> Müll. Arg.	3	0.44	0.22
<i>Sapium marmierii</i> Huber	1	0.92	0.46
<i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg.	62	9.57	4.79

Especies/ Familia	Nº Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
Fabaceae	105	55.27	27.63
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	2	0.41	0.21
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	1	0.16	0.08
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	5	3.21	1.61
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	2	0.65	0.33
<i>Inga pruriens</i> Poepp.	1	0.48	0.24
<i>Inga punctata</i> Willd.	1	0.72	0.36
<i>Macrobium gracile</i> Spruce ex Benth.	14	1.83	0.92
<i>Ormosia amazonica</i> Ducke	1	0.27	0.14
<i>Parkia panurensis</i> Benth. ex HC Hopkins	64	37.04	18.52
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	5	0.82	0.41
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, S. & Frodin	1	3.13	1.57
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	1	0.07	0.03
<i>Tachigali macbridei</i> Zarucchi y Herend.	5	6.03	3.01
<i>Vatairea erythrocarpa</i> (Ducke) Ducke	1	0.38	0.19
<i>Zygia coccinea</i> (G. Don) L. Rico	1	0.05	0.03
Lacistemataceae	4	0.69	0.34
<i>Lacistema macbridei</i> Baehni	1	0.23	0.12
<i>Lacistema nena</i> J.F. Macbr.	3	0.46	0.23
Lamiaceae	2	0.19	0.09
<i>Vitex triflora</i> Vahl	2	0.19	0.09
Lauraceae	17	5.24	2.62
<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.	1	0.20	0.10
<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	1	0.33	0.17
<i>Ocotea bofo</i> Kunth	1	0.25	0.13
<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	4	1.56	0.78
<i>Ocotea olivacea</i> AC Sm.	1	0.12	0.06
<i>Ocotea sp1</i>	1	0.03	0.02
<i>Ocotea sp2</i>	1	0.04	0.02
<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	2	0.94	0.47
<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> (Nees) Rohwer	5	1.76	0.88
Lechytidaceae	2	0.31	0.15
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	2	0.31	0.15
Malvaceae	15	3.00	1.50
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	1	1.12	0.56
<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	14	1.88	0.94
Melastomataceae	20	7.44	3.72
<i>Henriettea sylvestris</i> (Gleason) J.F. Macbr.	10	4.10	2.05
<i>Miconia barbeyana</i> Cogn.	1	2.47	1.23
<i>Miconia chrysophylla</i> (Rich.) Urb.	2	0.25	0.12
<i>Miconia dolichorrhyncha</i> Naudin	5	0.44	0.22
<i>Miconia indet</i>	1	0.10	0.05
<i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don ex DC.	1	0.09	0.05
Moraceae	49	10.13	5.07
<i>Batocarpus orinocensis</i> H. Karst.	8	1.40	0.70
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber ex Ducke	1	0.12	0.06
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	1	0.06	0.03
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	20	4.99	2.49

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	6	1.91	0.96
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	8	0.93	0.47
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	5	0.71	0.35
Myristicaceae	41	8.85	4.43
<i>Osteophloeum platyspermum</i> (Spruce ex A. DC.) Warb.	4	0.66	0.33
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) AH Gentry	5	1.10	0.55
<i>Virola decorticans</i> Ducke	2	0.29	0.14
<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	1	0.26	0.13
<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A.C. Sm.	29	6.55	3.28
Myrtaceae	5	0.83	0.41
<i>Eugenia egensis</i> DC.	1	0.08	0.04
<i>Eugenia feijoi</i> O. Berg	1	0.20	0.10
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	1	0.27	0.13
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	2	0.28	0.14
Nycyaginacea	3	0.52	0.26
<i>Guapira sp1</i>	2	0.31	0.15
<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	1	0.21	0.10
Olacaceae	1	1.35	0.67
<i>Cathedra acuminata</i> (Benth.) Miers	1	1.35	0.67
Phyllantaceae	7	1.84	0.92
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	7	1.84	0.92
Primulaceae	4	3.93	1.97
<i>Myrsine latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	4	3.93	1.97
Rubiaceae	49	12.33	6.17
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	1	0.80	0.40
<i>Calycophyllum megistocaulum</i> (K. Krause) CM Taylor	2	2.29	1.15
<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	4	2.95	1.48
<i>Psychotria levis</i> (Standl.) CM Taylor	4	0.67	0.34
<i>Schizocalyx peruvianus</i> (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	13	1.03	0.52
<i>Schizocalyx sterculioides</i> (Standl.) Kainul. & B. Bremer	24	3.50	1.75
<i>Warszewiczia coccinea</i> (Vahl) Klotzsch	1	1.08	0.54
Salicaceae	70	18.01	9.01
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	3	0.93	0.47
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.	50	11.75	5.88
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	17	5.33	2.67
Sapindaceae	6	1.47	0.73
<i>Talisia carinata</i> Radlk.	5	1.14	0.57
<i>Talisia obovata</i> AC Sm.	1	0.33	0.16
Sapotaceae	9	4.02	2.01
<i>Micropholis guyanensis</i> Subsp. Guyanensis	3	0.83	0.41
<i>Micropholis Venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	2	0.38	0.19
<i>Pouteria cuspidata</i> (A. DC.) Baehni	1	0.80	0.40

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa a aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk	1	0.29	0.15
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	2	1.72	0.86
Siparunaceae	3	0.32	0.16
<i>Siparuna bifida</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	1	0.15	0.07
<i>Siparuna cristata</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	2	0.18	0.09
Urticaceae	66	14.4	7.20
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	10	2.92	1.46
<i>Pourouma bicolor</i> Mart.	9	1.96	0.98
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	10	1.49	0.74
<i>Pourouma minor</i> Benoist	33	5.92	2.96
<i>Pourouma mollis</i> subsp. <i>triloba</i> (Trécul) CC B.& Heusden	4	2.11	1.05
Violaceae	1	0.29	0.14
<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	1	0.29	0.14
Vochysaceae	35	9.85	4.93
<i>Qualea amoena</i> Ducke	33	6.00	3.00
<i>Vochysia biloba</i> Ducke	1	3.63	1.82
<i>Vochysia braceliniae</i> Standl. Vel sp. aff	1	0.22	0.11
Total general	680	214.38	107.19

BIOMASA AEREA Y STOCK DE CARBONO DE INDIVIDUOS DE LA PPM-4

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa a aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
Anacardiaceae	13	5.62	2.81
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	11	5.05	2.53
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mintch.	2	0.57	0.28
Annonaceae	6	12.63	6.32
<i>Guatteria guentheri</i> Diels.	6	12.63	6.32
Apocynaceae	1	0.19	0.10
<i>Rauvolfia leptophylla</i> A.S Rao.	1	0.19	0.10
Araliaceae	2	0.24	0.12
<i>Dendropanax macropodus</i> (Harms) Harms.	1	0.13	0.07
<i>Schefflera morototoni</i> Aubl.	1	0.11	0.05
Bignonaceae	3	2.32	1.16
<i>Jacaranda copaia</i> (Auble.) D. Don	3	2.32	1.16
Boraginaceae	2	1.71	0.85
<i>Cordia hebeclada</i> I.M. Jhonst. Vel sp. Aff	1	1.39	0.69
<i>Cordia ucayaliensis</i> (I.M Johnst.) I.M. Jhons. Vel sp.	1	0.32	0.16
Burseraceae	33	31.51	15.75
<i>Dacryodes nitens</i> Cuatrec.	12	18.69	9.35
<i>Protium amazonica</i> Cuatrec.	1	0.24	0.12
<i>Protium grandifolium</i> Engl vel sp. Aff	1	0.11	0.05

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
<i>Protium sagotianum</i> Marchand	5	3.55	1.77
<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl	3	0.43	0.22
<i>Protium trifoliatum</i> Engl vel sp. Aff	3	0.43	0.21
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	6	7.58	3.79
<i>Trattinnickia boliviana</i> (Swart) Daly	2	0.49	0.24
Calophyllaceae	8	5.39	2.69
<i>Marila tomentosa</i> Poepp.	8	5.39	2.69
Capparaceae	1	0.39	0.19
<i>Capparis schukei</i> J.F Mcbr.	1	0.39	0.19
Caricaceae	1	2.79	1.4
<i>Jacaratia digitada</i> (Poepp y Endl.)Solms	1	2.79	1.4
chrysobalanaceae	1	0.15	0.07
<i>Parinari klugii</i> Prance	1	0.15	0.07
Chrysobalanaceae	1	0.16	0.08
<i>Hirtella racemosa</i> var. H. (Wild. Ex Schult.) P. val. Sp. Aff	1	0.16	0.08
Clusiaceae	13	3.53	1.76
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	13	3.53	1.76
Combretaceae	2	0.81	0.41
<i>Buchenavia macrophylla</i> Spruce ex Eichler	2	0.81	0.41
Dichapefalaceae	1	0.06	0.03
<i>Tapura peruviana</i> K. Krause	1	0.06	0.03
Elaeocarpaceae	2	0.17	0.09
<i>Sloanea fragrans</i> Rusby vel sp. aff	2	0.17	0.09
Euphorbiaceae	187	69.64	34.82
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	4	2.31	1.15
<i>Croton tessmanni</i> Mansf.	3	1.25	0.63
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	11	23.49	11.75
<i>Mabea piriri</i> Aubl.	2	0.15	0.07
<i>Naucleopsis Krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	1	0.25	0.13
<i>Sapium laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb.	1	0.67	0.34
<i>Senefeldera inclinata</i> Mull Arg.	164	41.08	20.54
<i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Mull. Arg.	1	0.43	0.22
Fabaceae	34	73.85	36.92
<i>Andira surimanensis</i> (Bondt) Splitg. Ex pulie	1	1.43	0.71
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Duke.	5	55.43	27.71
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	1	0.90	0.45
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke.	1	0.45	0.22
<i>Inga alba</i> (Sw.)Willd	5	2.65	1.33
<i>Inga brachyrhachis</i> Harms vel. Sp. Aff	1	1.03	0.51
<i>Inga venusta</i> Standl. Vel sp aff	1	0.22	0.11
<i>Macrobium gracila</i> Spruce ex Benth.	5	2.13	1.06
<i>Ormosia amazonica</i> Ducke.	1	0.26	0.13
<i>Parkia panurensis</i> Bent. Ex HC Hopkims	1	0.96	0.48
<i>Platymiscium pinnatum</i> sub. Sp. Pinnatum vel. Sp.	2	1.09	0.54

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.Wgrimes	1	0.11	0.06
<i>Pterocarpus rorhrii</i> Vahl.	7	4.86	2.43
<i>Vatairea erithrocarpa</i> (Ducke) Ducke	2	2.34	1.17
Hypericaceae	1	0.06	0.03
<i>Vismia amazonica</i> Ewan velsp. Aff	1	0.06	0.03
Lauraceae	9	3.57	1.79
<i>Aniba guianensis</i> Aubl.	1	0.15	0.08
<i>Beilschmiedia towarensis</i> (K. y H. Karst. Meisn ex.)	3	2.20	1.10
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	1	0.12	0.06
<i>Nectandra indet</i> indet	1	0.46	0.23
<i>Nectandra pulverulenta</i> Nees	1	0.35	0.18
<i>Nectandra reflexa</i> Rohwer.	2	0.28	0.14
Lecythidaceae	5	2.04	1.02
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	5	2.04	1.02
Malvaceae	17	7.98	3.99
<i>Apeiba aspera</i> Aubl.	3	2.68	1.34
<i>Apeiba membranosa</i> Spruce ex Benth.	1	0.52	0.26
<i>Huberodendrom swietenoides</i> (Gleason) Ducke.	1	0.83	0.41
<i>Sterculia apeibophyllia</i> Ducke	1	1.21	0.61
<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	11	2.73	1.37
Melastomataceae	5	1.59	0.79
<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	1	0.51	0.25
<i>Graffenrieda indet</i> indet	1	0.23	0.12
<i>Henriettea sylvestris</i> (Gleason) J.F. Macbr.	1	0.61	0.30
<i>Miconia indet</i> indet	1	0.07	0.03
<i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don ex D.C.	1	0.18	0.09
Moraceae	43	23.16	11.58
<i>Batocarpus orinocensis</i> H Karst.	9	2.55	1.28
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	1	0.55	0.27
<i>Brosimum lactensces</i> (S. Moore) C.C. Berg	1	0.91	0.46
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	1	0.21	0.10
<i>Clarisia biflora</i> Ruiz y Pav.	5	0.94	0.47
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz y Pav.	1	2.83	1.42
<i>Ficus maxima</i> Mill.	3	0.67	0.34
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp y Endl.) Rusby	2	1.65	0.83
<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	1	0.27	0.13
<i>Naucleopsis Krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	2	0.90	0.45
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	3	1.08	0.54
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trecul	1	1.53	0.76
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz y Pav.) J.F Macbr.	8	6.01	3.01
<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trecul.	5	3.06	1.53
Myristicaceae	38	39.41	19.71
<i>Osteophloeum plastyspermum</i> (Spruce ex A. DC)	6	20.21	10.1
<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W.A. Rodriguez y T.S. J	1	1.14	0.57
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.)A.H. Gentry	19	10.3	5.15

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha ⁻¹)	Stock de Carbono (Tha ⁻¹)
<i>Virola decorticans</i> Ducke.	3	0.49	0.25
<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A.C. Sm	9	7.26	3.63
Myrtaceae	2	1.46	0.73
<i>Eugenia Egansis</i> DC.	1	0.69	0.34
<i>Eugenia indet</i> indet.	1	0.77	0.39
Nyctagianaceae	6	3.47	1.73
<i>Neea divaricata</i> Poepp. Y Endl	5	0.45	0.22
<i>Neea macrophylla</i> Poepp y Endl vel sp. Aff	1	3.02	1.51
Olacaceae	3	9.04	4.52
<i>Chaunochiton kappleri</i> (Sgot ex Engl) Ducke	2	0.97	0.48
<i>Minqartia guianensis</i> Aubl.	1	8.07	4.04
Phyllanthaceae	1	2.27	1.14
<i>Hieronyma oblonga</i> (Tul.) Mull. Arg.	1	2.27	1.14
Rhizophoraceae	1	0.82	0.41
<i>Sterigmapetalum ovobatum</i> Kuhlms	1	0.82	0.41
Rubiaceae	36	16.68	8.34
<i>Calycophyllum megistocaulum</i> (K. Krause) CM Taylor	5	1.35	0.68
<i>Capirona decorticans</i> Spruce.	1	0.05	0.03
<i>Chimarrhis Hookeri</i> K. Schum. Vel sp. Aff	1	1.95	0.98
<i>Psychotria levis</i> (Standl) CM Taylor	11	1.95	0.98
<i>Schizocalyx peruvians</i> (K. Krause) Kainul. & B. Bremen.	17	2.62	1.31
<i>Warszewiczia indet</i> indet	1	8.75	4.38
Salicaceae	8	4.13	2.06
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent. Vel sp. Aff	3	1.57	0.78
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	5	2.56	1.28
Sapindaceae	3	1.65	0.82
<i>Talisia carinata</i> Radlk.	3	1.65	0.82
Sapotaceae	7	4.53	2.27
<i>Micropholis guyanensis</i> Subsp. Guyanensis	1	0.95	0.48
<i>Pouteria cuspidata</i> (A. DC.) Baehni	6	3.58	1.79
Siparunaceae	3	0.37	0.18
<i>Siparuna bifida</i> (Poepp. Y Endl.) A. DC.	3	0.37	0.18
Ulmaceae	1	2.88	1.44
<i>Ampelocera edentula</i> Kuhlms	1	2.88	1.44
Urticaceae	46	37.18	18.59
<i>Cecropia engleriana</i> Sneathl. Vel sp. Aff.	5	1.77	0.89
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	13	7.31	3.65
<i>Coussapoa orthoneura</i> Standl.	1	2.11	1.06
<i>Pourouma bicolor</i> Mrt.	1	0.04	0.02
<i>Pourouma cecropifolia</i> Mart.	2	0.35	0.17
<i>Pourouma minor</i> Benoist.	23	24.73	12.37
<i>Pourouma mollis</i> Trecul	1	0.87	0.44

Especies/ Familia	N° Especie/ Familia	Biomasa aérea (Tha⁻¹)	Stock de Carbono (Tha⁻¹)
Violaceae	3	1.86	0.93
<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz y Pav.	2	0.94	0.47
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.)A.H. Gentry	1	0.92	0.46
Vochysaceae	6	12.34	6.17
<i>Qualea amonea</i> Ducke	1	0.21	0.10
<i>Vochysia biloba</i> Ducke	5	12.13	6.07
Total general	555	387.64	193.82

ANEXO 04 EVIDENCIA FOTOGRAFICA
LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CAMPO USANDO TECNOLOGÍA
ELECTRÓNICA EN LA PPM-1 y 4



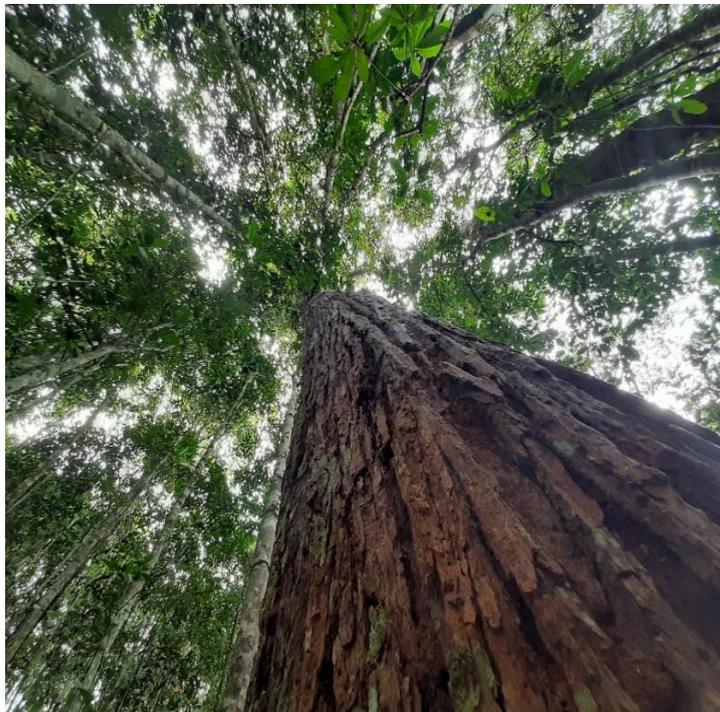
PLAQUEO Y ESTIMACIÓN DE DIAMETRO AL POM



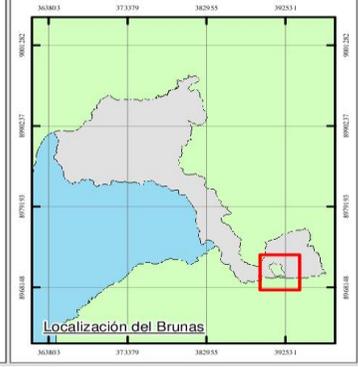
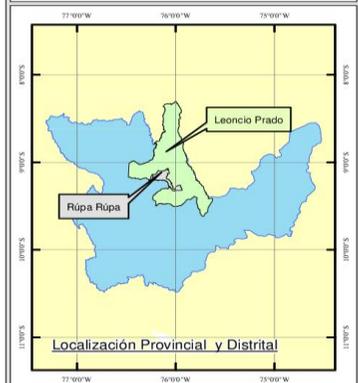
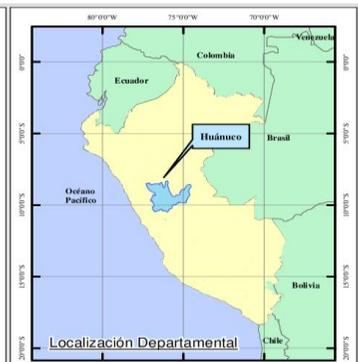
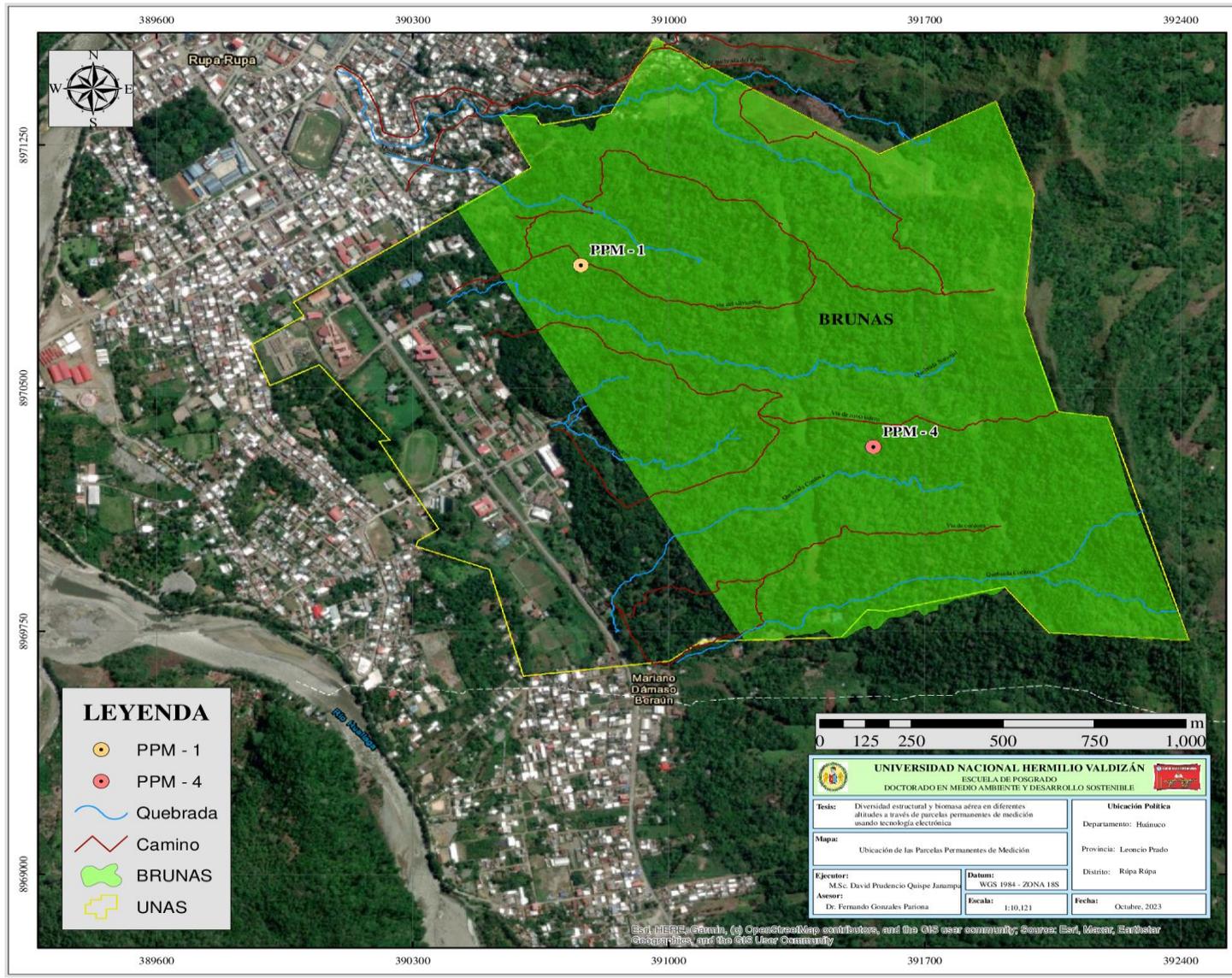
**DETERMINACIÓN DE ALTURA TOTAL CON TECNOLOGIA
ELECTRONICA TRUPULSE 360R**



ESPECIE DE TORNILLO (*Cedrelinga cateniformis*) EN LA PPM-4

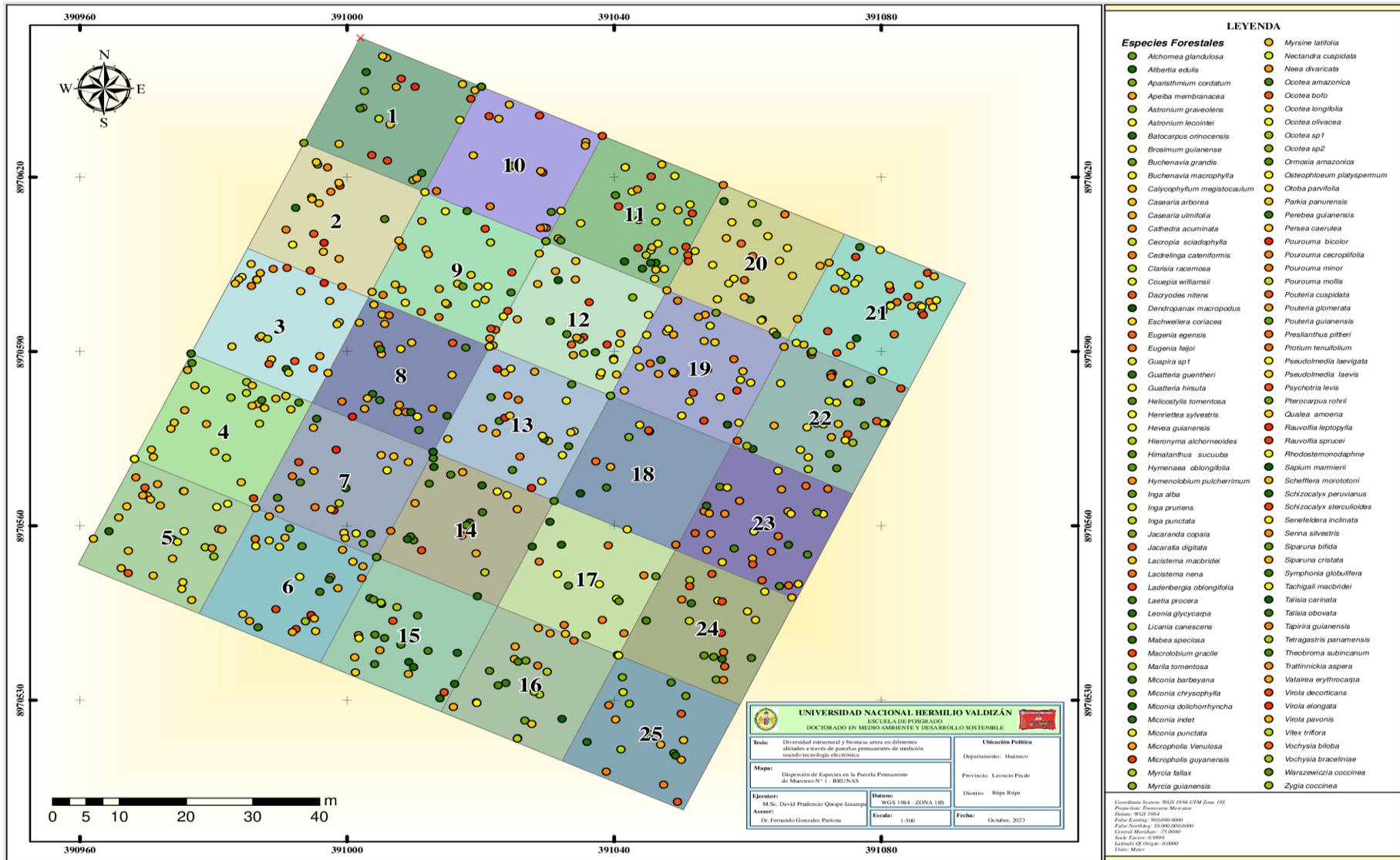


ANEXO 05 GEOREFERENCIA MAPA DE UBICACIÓN DE LA PPM-1 Y 4

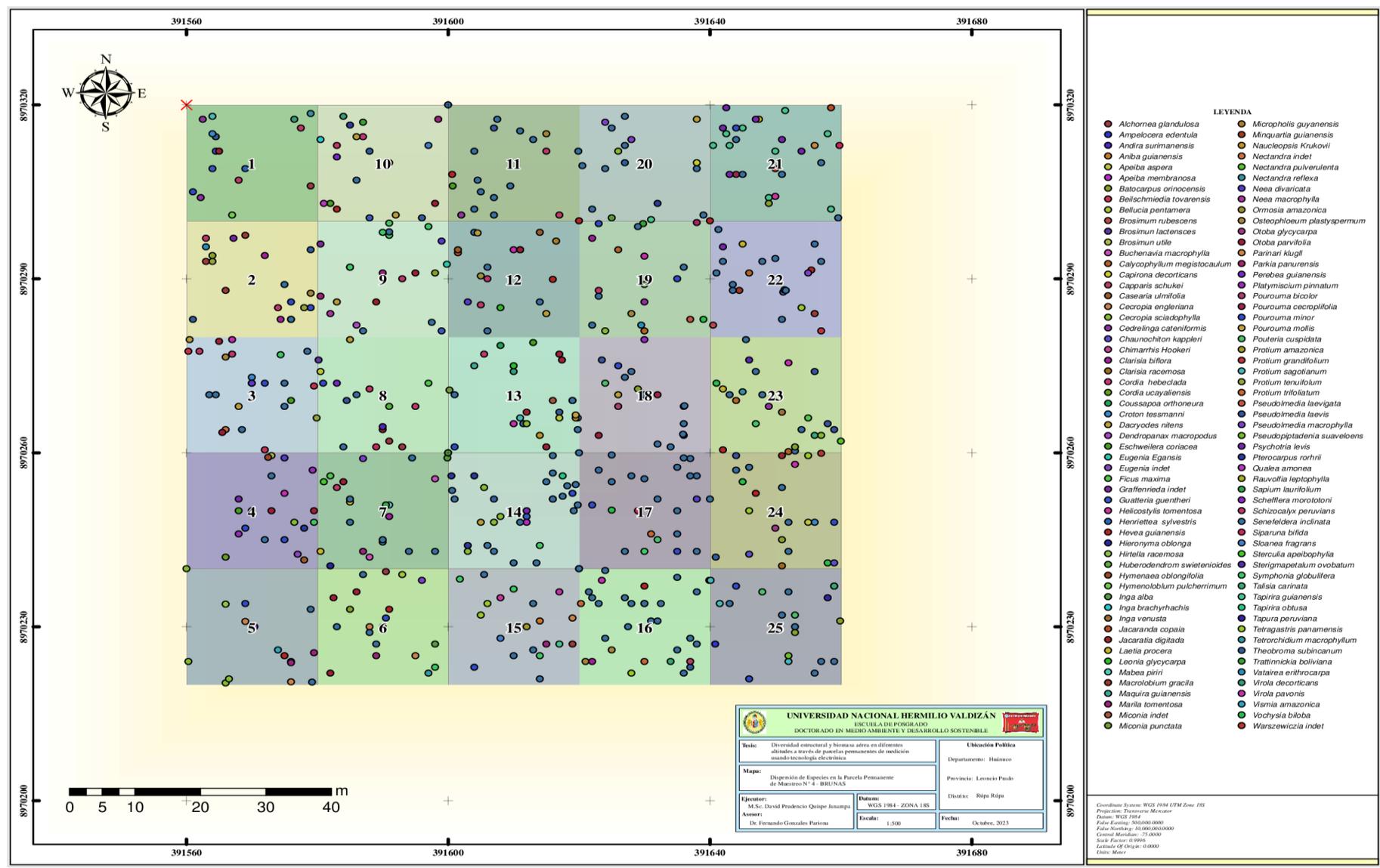


El HERRERO, et al. Creadores y contribuyentes, and the GIS user community; Sources: Esri, DeLorme, GeoEye, ...

MAPA DE DISPERSIÓN DE ESPECIES DE LA PPM-1



MAPA DE DISPERSIÓN DE ESPECIES DE LA PPM-4



LEYENDA

- *Alchornea glandulosa*
- *Ampelocera edentula*
- *Andira surinamensis*
- *Aniba guianensis*
- *Apelba aspera*
- *Apelba membranosa*
- *Balocarpus orinocensis*
- *Belachmidia tovarensis*
- *Bellucia pentamera*
- *Brosimum rubescens*
- *Brosimum lactescens*
- *Brosimum utile*
- *Buchenavia macrophylla*
- *Calycopteryx megistocaulum*
- *Capirona decorticans*
- *Capparis schukelii*
- *Casiparia ulmifolia*
- *Cecropia engeliana*
- *Cecropia sciadopitylla*
- *Cedrelinga cateniformis*
- *Chaurochiton kappelerii*
- *Chimarrhis Hookeri*
- *Clarisia biflora*
- *Clarisia racemosa*
- *Cordia hebeclada*
- *Cordia ucayalensis*
- *Coussapoa orthoneura*
- *Croton lessmannii*
- *Dacryodes nitens*
- *Dendropanax macropodus*
- *Eschweilera coriacea*
- *Eugenia Egansii*
- *Eugenia indet*
- *Ficus maxima*
- *Graffenrieda indet*
- *Guatteria guianensis*
- *Helicostylis tomentosa*
- *Henriettea sylvestris*
- *Hevea guianensis*
- *Hieronyma oblonga*
- *Hirtella racemosa*
- *Huberodendrom swietenoides*
- *Hymenaea oblongifolia*
- *Hymenokibulum pulcherrimum*
- *Inga alba*
- *Inga brachyrrhachis*
- *Inga venusta*
- *Jacaranda copaia*
- *Jacaratia digitata*
- *Laetia procera*
- *Leonia glycyarpa*
- *Mabea piri*
- *Macrolobium gracile*
- *Masquia guianensis*
- *Maritima tomentosa*
- *Miconia indet*
- *Miconia punctata*
- *Micropholis guianensis*
- *Mimquartia guianensis*
- *Naucleopsis Krukovii*
- *Nectandra indet*
- *Nectandra pulverulenta*
- *Nectandra reflexa*
- *Neea divaricata*
- *Neea macrophylla*
- *Ormosia amazonica*
- *Osteophloeum plastypermum*
- *Otoba glycyarpa*
- *Otoba parvifolia*
- *Parinari klugii*
- *Parkia panurensis*
- *Perebea guianensis*
- *Platymiscium pinnatum*
- *Pourouma bicolor*
- *Pourouma cecropifolia*
- *Pourouma minor*
- *Pourouma mollis*
- *Pouteria cuspidata*
- *Protium amazonica*
- *Protium grandifolium*
- *Protium sagolianum*
- *Protium tenuifolium*
- *Protium trifoliatum*
- *Pseudolmedia laevigata*
- *Pseudolmedia laevis*
- *Pseudolmedia macrophylla*
- *Pseudopiptadenia suaveolens*
- *Psychotria levis*
- *Pterocarpus rotundifolius*
- *Qualea amonea*
- *Rauvolfia leptophylla*
- *Sapum baurifolium*
- *Schefflera morototoni*
- *Schizocalyx peruviana*
- *Senebaldia inclinata*
- *Siparuna bifida*
- *Sloanea fragrans*
- *Sterculia apelbophylla*
- *Sterigmatopetalum obovatum*
- *Symphonia globulifera*
- *Talissa carinata*
- *Tapiria guianensis*
- *Tapiria obtusa*
- *Tapira peruviana*
- *Tetragastris panamensis*
- *Tetrorchidium macrophyllum*
- *Theobroma subcanum*
- *Trattinnickia boliviana*
- *Vatairea erithrocarpa*
- *Virola decorticans*
- *Virola pavonis*
- *Vismia amazonica*
- *Vochysia biloba*
- *Warszewiczia indet*

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN ESCUELA DE POSGRADO DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	
Tesis: Diversidad estructural y biomasa aérea en diferentes altitudes a través de parcelas permanentes de medición usando tecnología electrónica	Ubicación Política: Departamento: Huánuco Provincia: Luncuy Puro Distrito: Rapa Rapa
Mapa: Dispersión de Especies en la Parcela Permanente de Muestreo N° 4 - BRUNAS	Fecha: Octubre, 2023
Ejecutor: M.Sc. David Praxedo Quijpe Janampa Auxiliar: Dr. Fernando González Patiño	Datos: WGS 1984 - ZONA 18S Escala: 1:500 Fecha: Octubre, 2023

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500000.0000
 False Northing: 10.000.000.0000
 Central Meridian: -73.0000
 Scale Factor: 0.999603
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Unit: Meter

ANEXO 06 VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR EXPERTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

HUÁNUCO – PERÚ

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nombre del experto: Edilberto Chuquilín Bustamante

Especialidad: Doctor en Ciencia Ambientales

DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Diversidad estructural y biomasa aérea	Diámetro del árbol (POM)	3	3	4	4
	Altura total	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) En caso de Si,

¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()



Edilberto Chuquilín Bustamante
 Edilberto Chuquilín Bustamante
 EPIA UNAS
 C.B.P. 3620

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

HUÁNUCO – PERÚ

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nombre del experto: Pedro David Córdova Trujillo

Especialidad: Doctor en Ingeniería Ambiental

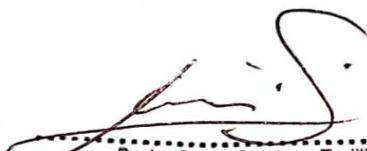
DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Diversidad estructural y biomasa aérea	Diámetro del árbol (POM)	3	4	3	4
	Altura total	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) En caso de Si,

¿Qué dimensión o ítem falta?_

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()



 Pedro David Cordova Trujillo
 ING. AGRÍCOLA CIP 44287
 M. Sc. Ing. Recursos Hídricos
 Dr. Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

HUÁNUCO – PERÚ

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nombre del experto: Casiano Aguirre Escalante

Especialidad: Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Diversidad estructural y biomasa aérea	Diámetro del árbol (POM)	3	3	4	4
	Altura total	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) En caso de Si,
¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()



 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 TINGO MARÍA
 Dr. Casiano Aguirre Escalante
 LECANO

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
HUÁNUCO – PERÚ
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nombre del experto: José Dolores Lévano Crisóstomo

Especialidad: Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Diversidad estructural y biomasa aérea	Diámetro del árbol (POM)	3	4	4	4
	Altura total	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) En caso de Si,

¿Qué dimensión o ítem falta?_

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

 Dr. José Dolores Lévano Crisóstomo
 Director de departamento académico **CSyA**

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

HUÁNUCO – PERÚ

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Nombre del experto: Lucio Manrique de Lara Suarez

Especialidad: Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Diversidad estructural y biomasa aérea	Diámetro del árbol (POM)	3	4	3	4
	Altura total	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) En caso de Si,

¿Qué dimensión o ítem falta?_

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

 Dr. Lucio Manrique de Lara Suárez
 VICERRECTOR ACADÉMICO

NOTA BIOGRÁFICA

DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA

Nació en la ciudad de Villa Rica, Pasco, Perú, el 9 de agosto de 1978, se graduó como Ingeniero en Recursos Naturales Renovables con mención en Forestal y obtuvo el grado de Magister Scientiae en Agroecología con mención en Gestión Ambiental en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). Actualmente, ocupa el cargo de Decano del Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental Huánuco – Tingo María. Además, desempeña funciones como docente auxiliar en la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, enseñando asignaturas del Área de Manejo Forestal, como Elementos Silviculturales, Ordenación de Bosques y Evaluación de Impacto Ambiental en Proyectos Forestales. También tiene responsabilidades como docente de Posgrado en la UNAS. Su experiencia y posición indican un compromiso significativo en el ámbito académico y profesional.



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

HUANUCO - PERÚ

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO



ACTA DE DEFENSA DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado, siendo las 13:00 horas, del día miércoles 31 DE ENERO DE 2024 ante los Jurados de Tesis constituido por los siguientes docentes:

Dra. Digna Amabilia MANRIQUE DE LARA SUÁREZ	Presidente
Dr. Ruben Max ROJAS PORTAL	Secretario
Dra. Maria Betzabe GUTIERREZ SOLORZANO	Vocal
Dra. Ana Maria MATOS RAMIREZ	Vocal
Dr. Guillermo Augusto BOCANGEL WEYDERT	Vocal

Asesor (a) de tesis: Dr. Fernando Jeremías GONZALES PARIONA (Resolución N° 0942-2020-UNHEVAL/EPG-D)

El aspirante al Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Don David Prudencio QUISPE JANAMPA.

Procedió al acto de Defensa:

Con la exposición de la Tesis titulado: "DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA AÉREA EN DIFERENTES ALTITUDES A TRAVÉS DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA".

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante al Grado de Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado.
- Dicción y dominio de escenario.

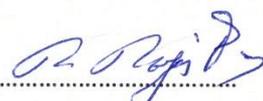
Así mismo, el Jurado plantea a la tesis **las observaciones** siguientes:

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de Diecisiete (17)
Equivalente a Muy Bueno, por lo que se declara Aprobado

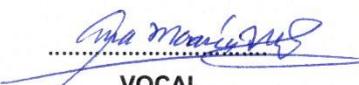
(Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado firman el presente ACTA en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 15:00 horas del día miércoles 31 DE ENERO DE 2024.


PRESIDENTE
DNI N° 06927959


SECRETARIO
DNI N° 06511922


VOCAL
DNI N° 22467243


VOCAL
DNI N° 07559836


VOCAL
DNI N° 22468221

Legenda:
19 a 20: Excelente
17 a 18: Muy Bueno
14 a 16: Bueno

(Resolución N° 00320-2024-UNHEVAL/EPG)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO

**CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 012-2024-SOFTWARE
ANTIPLAGIO TURNITIN-UNHEVAL-EPG**

La Directora de la Escuela de Posgrado, emite la presente **CONSTANCIA DE SIMILITUD**, aplicando el software **TURNITIN**, el cual reporta un **8%** de similitud, correspondiente al interesado **David Prudencio QUISPE JANAMPA**, de la tesis titulada: **DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA AÉREA EN DIFERENTES ALTITUDES A TRAVÉS DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**, cuyo asesor es el **Dr. Fernando Jeremias GONZALES PARIONA**; por consiguiente.

SE DECLARA APTO

Se expide la presente, para los trámites pertinentes.

Cayhuayna, 10 de enero de 2024.



Dra. Digna Amabilia Manrique de Lara Suarez
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE POSGRADO
UNHEVAL

NOMBRE DEL TRABAJO

**DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA
AÉREA EN DIFERENTES ALTITUDES A TR
AVÉS DE PARCELAS PERMANENTES DE
MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA ELEC
TRÓNICA**

AUTOR

DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA

RECUENTO DE PALABRAS

21007 Words

RECUENTO DE CARACTERES

111932 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

84 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 10, 2024 11:23 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 10, 2024 11:25 AM GMT-5

● **8% de similitud general**

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

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado

● 8% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.unas.edu.pe Internet	2%
2	repositorio.umsa.bo Internet	1%
3	repositorio.unheval.edu.pe Internet	<1%
4	repositorio.unapiquitos.edu.pe Internet	<1%
5	doczz.net Internet	<1%
6	hdl.handle.net Internet	<1%
7	1library.co Internet	<1%
8	repositorio.unc.edu.pe Internet	<1%

9	repository.unad.edu.co Internet	<1%
10	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
11	Universidad Nacional Federico Villarreal on 2023-12-12 Submitted works	<1%
12	repositorio.unfv.edu.pe Internet	<1%
13	missouribotanicalgarden.org Internet	<1%
14	repositorio.unu.edu.pe Internet	<1%
15	tesis.usat.edu.pe Internet	<1%
16	idbinvest.org Internet	<1%
17	docplayer.es Internet	<1%
18	researchgate.net Internet	<1%
19	cfores.upr.edu.cu Internet	<1%
20	madidiproject.weebly.com Internet	<1%

21	aprenderly.com	Internet	<1%
22	cdn.gob.pe	Internet	<1%
23	archive.org	Internet	<1%
24	scielo.org.mx	Internet	<1%
25	documentop.com	Internet	<1%
26	rbt.ots.ac.cr	Internet	<1%
27	centrodeconocimiento.ccb.org.co	Internet	<1%
28	revistas.unimagdalena.edu.co	Internet	<1%



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	X
----------	--	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	---

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Grado que otorga	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	QUISPE JANAMPA DAVID PRUDENCIO							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	996232016
Nro. de Documento:	10782040					Correo Electrónico:	dqispej@epgunheval.edu.pe	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)								SI	X	NO
Apellidos y Nombres:	GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS					ORCID ID:	0000-0002-7006-4240			
Tipo de Documento:	DNI	x	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	22491216		

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	MANRIQUE DE LARA SUAREZDIGNA AMABILIA
Secretario:	ROJAS PORTAL RUBEN MAX
Vocal:	GUTIERREZ SOLORZANO MARIA BETZABE
Vocal:	MATOS RAMIREZ ANA MARIA
Vocal:	BOCANGEL WEYDERT GUILLERMO AUGUSTO
Accesitario	



5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y BIOMASA AÉREA EN DIFERENTES ALTITUDES A TRAVÉS DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN USANDO TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

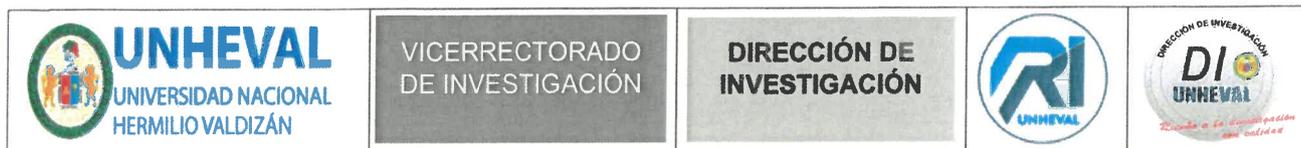
6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2024		
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo		Tesis Formato Patente de Invención
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional		Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)		
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	FIELD MAP		POSICIÓN SOCIOLÓGICA		BIOMASA

Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)	
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:	

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI		NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:				

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico ó Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico ó Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Apellidos y Nombres:	QUISPE JANANPA DAVID PRUDENCIO	Huella Digital
DNI:	10782040	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 01/03/2024		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.