

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**

**ESCUELA DE POSGRADO**



---

**RASGO FUNCIONALES DE LOS ÁRBOLES DE BOSQUE DE  
MONTAÑA FAVORECEN LA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE  
LAS ESPECIES A LOS RIESGOS AMBIENTALES EN EL BOSQUE  
RESERVADO UNAS -TINGO MARÍA**

---

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

**TESISTA: CASIANO AGUIRRE ESCALANTE**

**ASESOR: DR. ERASMO SANTILLÁN OLIVA**

**HUANUCO –PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

*A Dios por derramar su inmenso amor en mi vida.*

*A mi esposa Juan Rosa y mi hijo Mac Pholo con profundo cariño y amor de siempre.*

*A mis padres Valentín Aguirre Hinostroza y Domitila Escalante Garamendi (QEPD) con inmenso amor me enseñaron humildad y perseverancia, fruto en lo que soy hoy en la vida.*

*A mis hermanos Alfonso y Jorge (QEPD) que fueron siempre la inspiración de continuar un camino correcto de superación en la vida.*

### **Casiano Aguirre Escalante**

#### “La fábula del Águila”

“El águila es el ave con mayor longevidad. Llega a vivir más de 70 años; pero para llegar esa edad, a los 40 debe tomar una seria y difícil decisión, ya que sus uñas están apretadas y flexibles y no consigue tomar a sus presas, de las cuales se alimenta. Su pico largo y puntiagudo se curva, apuntando contra el pecho. Sus alas están envejecidas y pesadas y sus plumas gruesas; volar se hace ya tan difícil. Por tanto, el águila tiene solamente dos alternativas: morir o enfrentar un doloroso proceso de renovación que durará 150 días.

Este proceso consiste en volar hacia lo alto de una montaña y quedarse ahí, en un nido cercano a un paredón, en donde no tenga la necesidad de volar. Después de encontrar ese lugar, el águila comienza a golpear su pico en la pared hasta conseguir arrancarlo; luego debe esperar el crecimiento de uno nuevo con el que desprenderá una a una sus uñas. Cuando las nuevas uñas comienzan a nacer, empieza a desplumar sus plumas viejas. Finalmente, después de 5 meses sale para su vuelo de renovación y poder así vivir 30 años más.

En nuestras vidas, muchas veces tenemos que resguardarnos por algún tiempo y comenzar un proceso de renovación para continuar un vuelo de victoria; debemos desprendernos de costumbres, tradiciones y recuerdos que nos causan dolor. Solamente libres del peso del pasado podremos aprovechar el resultado valioso que una renovación siempre trae”.-Anónimo.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la luz de la vida, sabiduría, salud y por su inmensa bendición. Salmo 118 -14. *“El Señor es mi fortaleza y protección él fue mi salvador”*.

A los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Doctorado Medio Ambiente y Desarrollo Sostenido que compartieron la luz del saber.

Al Dr. Erasmo Santillán Oliva, por su aprecio y asesoramiento de la tesis.

Al Dr. Santos Jacobo Salinas por su paciencia y orientación permanente durante la investigación.

A mis compañeros de la promoción por las vivencias: risas, conocimiento, alegrías, compartir y acompañamiento.

A mis colegas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, brindaron su apoyo y colaboración durante mi licencia para llevar a cabo este investigación.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por permitirme formarme profesionalmente.

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el rasgo funcional de la densidad de madera (DM), altura total del árbol (Hmax) y diámetro del fuste de árbol (Dap) que favorecen la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas. Se aplicó diseño no experimental y transversal en 518 árboles de bosque de montaña de una hectárea. El 66,6% se encuentran en la estrategia de especies conservativas y 33,4% especies adaptativas. La  $t = 40,8$  y  $p$  valor 0,000 ( $p < 0,05$ ) indica que la DM favorece la estrategia de conservación de las especies conservativas. La  $t = 2,8$  y  $p$  valor 0,005 ( $p < 0,05$ ), revela que la Hmax ayuda a la estrategia de conservación de especies adaptativas, mientras la edad de sucesión aumenta y es remplazada por especies conservativas. La  $t = 5,1$  y  $p$  valor 0,000 ( $p < 0,05$ ), permite afirmar que el diámetro del fuste del árbol asiste a la estrategia de conservación de las especies adaptativas, y que durante la sucesión madura las especies conservativas.

**Palabras Claves:** bosque de montaña, densidad de madera, altura del árbol y diámetro, cambio climático.

## ABSTRACT

The objective of the study was to determine the functional feature of wood density (DM), total tree height (Hmax) and diameter of the tree shaft (Dap) that favor the conservation strategy of adaptive and conservative species. A non-experimental, cross-sectional design was applied in 518 one-hectare mountain forest trees. The 66,6% are in the strategy of conservative species and 33,4% adaptive species. The  $t$  40,8 and  $p$  value 0,000 ( $p < 0,05$ ) indicates that DM favors the conservation strategy of conservative species. The  $t$  2,8 and  $p$  value 0,005 ( $p < 0,05$ ), reveals that the Hmax helps the conservation strategy of adaptive species, while the age of succession increases and is replaced by conservative species. The  $t$  5,1 and  $p$  value 0,000 ( $p < 0,05$ ), allows to affirm that the diameter of the shaft of the tree assists the conservation strategy of the adaptive species, and that during the succession the conservative species mature.

**Key words:** mountain forest, wood density, tree height and diameter, climate change.

## RESUMO

O objetivo do estudo foi determinar as características funcionais da densidade da madeira (MS), altura total da árvore (Hmax) e diâmetro da árvore (Dap) que favorecem a estratégia de conservação de espécies adaptativas e conservadoras. Um delineamento transversal não experimental foi aplicado em 518 árvores florestais de um hectare de montanha. Os 66,6% estão na estratégia de espécies conservadoras e 33,4% de espécies adaptativas. O t 40,8 e o p valor 0,000 ( $p < 0,05$ ) indicam que o DM favorece a estratégia de conservação das espécies conservadoras. O t 2,8 e p valor 0,005 ( $p < 0,05$ ), revela que o Hmax ajuda na estratégia de conservação das espécies adaptativas, enquanto a idade de sucessão aumenta e é substituída por espécies conservadoras. O t 5,1 e o valor p 0,000 ( $p < 0,05$ ), permite afirmar que o diâmetro da haste da árvore auxilia a estratégia de conservação das espécies adaptativas, e que durante a sucessão as espécies conservadoras amadurecem.

**Palavras-chave:** floresta de montanha, densidade de madeira, altura e diâmetro de árvores, mudança climática.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT.....	VI
RESUMO.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.1 Fundamento del problema de investigación .....	5
1.2 Justificación.....	9
1.3 Importancia o propósito.....	11
1.4 Limitaciones.....	12
1.5 Formulación del problema de investigación.....	13
1.6 Formulación de los objetivos.....	13
1.7 Formulación de la hipótesis.....	14
1. 8. Variables.....	14
1.9 Operacionalización de variables.....	15
1.10 Definición de términos operacionales.....	15
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Bases teóricas.....	20
2.2.1 Cambio climático.....	20
2.2.2 Cambio climático y los impactos en bosques de montaña.....	21
2.2.3 Vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático.....	23
2.2.4 Respuesta de las comunidades a los cambios ambientales.....	26
2.2.5 Impacto del cambio climático en la biodiversidad.....	27
2.2.6 Estrategias de las plantas a los cambios ambientales.....	30
2.3 Base conceptual.....	32
2.3.1 Ecología funcional.....	32
2.3.2 Diversidad funcional.....	32
2.3.3 Rasgos funcionales.....	33

2.3.3.1 Rasgos del tronco, copa y otros.....	35
2.3.3.2 Rasgo densidad de la madera.....	37
2.3.4 Especies conservativas y adaptativas o adquisitivas.....	38
2.3.5 Parcela permanente de muestreo, medición o monitoreo.....	40
2.4 Bases epistemológicas o filosóficas.....	41
2.4.1 Epistemología ambiental.....	41
<b>CAPITULO III. METODOLOGIA.....</b>	<b>46</b>
3.1    Ámbito de estudio.....	46
3.1.1 Zona de vida y condiciones climáticas.....	47
3.2    Población.....	47
3.3.   Muestra.....	47
3.4    Nivel y tipo de estudio.....	48
3.5    Diseño de investigación.....	48
3.6    Técnicas e instrumentos.....	49
3.6.1 Técnicas e instrumentos medición de rasgo funcional de los árboles en bosques de montaña del BRUNAS.....	49
3.6.1.1 Rasgo funcional densidad de madera.....	50
3.6.1.2 Rasgo funcional diámetro del fuste del árbol.....	51
3.6.1.3 Rasgo funcional altura total del árbol.....	51
3.6.2 Técnicas de procesamiento y presentación de datos.....	52
3.7    Procedimiento.....	53
3.7.1 Redelimitación de la PPM y evaluación de los árboles.....	53
3.7.2 Muestreo e identificación de los árboles.....	54
3.7.3 Plaqueado y numeración de árboles .....	54
3.7.4 Medición de los árboles.....	54
3.8    Plan de tabulación y análisis de datos.....	55
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>56</b>
4.1    Análisis descriptivo.....	56
4.1.1 Densidad de la madera como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	56
4.1.1.1 Especies de árboles y densidad básica de la madera.....	57
4.1.2 Diámetro del fuste del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	58
4.1.3 Altura máxima del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	59



4.2	Análisis descriptivo bivariado.....	60
4.2.1	Contrastación de la hipótesis:la densidad de madera si favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	60
4.2.2	Contrastación de la hipótesis, el diámetro del fuste del árbol Si favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	61
4.2.3	Contrastación de la hipótesis, la altura total del árbol si favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	62
4.3	Discusión de resultados.....	63
4.3.1	Densidad de la madera como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	63
4.3.2	Diámetro del fuste del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	68
4.3.3	Altura total del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.....	70
4.4	Aporte de la investigación.....	74
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>75</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>76</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>77</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
01. Coordenadas UTM de la PPM N° 4 – BRUNAS.....	46
02. Especies de árboles de la estrategia adaptativa y conservativa en el BRUNAS, según la densidad básica de madera.....	56
03 Densidad de la madera como estrategias de conservación de Adaptativas (adquisitivas) y conservativas.....	57
04. Diametro de los árboles del BRUNAS Tingo María.....	58
05. Altura total de los árboles del BRUNAS Tingo María.....	59
06. Comparación de las características del rasgo funcional densidad de la madera de árboles del bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales.....	60
07. Comparación de las características del rasgo funcional diámetro del fuste del árbol en el bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales.....	61
08. Comparación de las características del rasgo funcional altura total del árbol del bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
01. Mapa de ubicación de la parcela permanente de medición en el Bosque Reservado de la UNAS.....	46
02. Diagrama de diseño transversal –causales.....	49
03. Medición de la altura de los árboles.....	51
04. Diseño para el levantamiento de datos en parcelas permanentes.....	53
05. Presencia de especies en la estrategia adaptativa y conservativa - BRUNAS.....	56
06. Categoría densidad básica de las especies forestales del BRUNAS.....	57
07. Distribución por clases diamétricas los árboles de montaña del BRUNAS Tingo María.....	58
08. Distribución por estrato arbóreo de los árboles de bosque de montaña del BRUNAS Tingo María.....	59

## INTRODUCCIÓN

Los flancos andinos orientales, considerados como bosques de montaña actualmente vienen perdiendo la riqueza de la biodiversidad que alberga y los servicios ecosistémicos que brinda, por el acelerado uso de la tierra, la deforestación y quema, provocando grandes cambios en la formación de nubes, la distribución de especies y reorganización de las comunidades, generando un efecto en cascada sobre la vida en estos bosques. (Foster 2001).

Los bosques de montaña de Tingo María, han sufrido la fragmentación y degradación de los ecosistemas, en la actualidad están convertidos en pequeños refugios o relictos de bosques, generando la interrupción de los corredores de conectividad ecológica, lo que no permite la sucesión y restauración de los ecosistemas mediante la regeneración natural, necesarios para la recuperación estructural y funcional del bosque, de continuar el problema será una amenaza mayor para la biodiversidad. (Fischlin et al., 2007).

Estos ecosistemas de montaña, son especialmente vulnerables y susceptibles de enfrentarse a los efectos adversos del cambio climático (McCarthy et al., 2001), causando el desplazamiento de las zonas de vida, definidas como zonas con condiciones climáticas adecuadas para un tipo dado de ecosistema; por lo que, la forzada migración de las especies hacia áreas de mayor elevación no prosperarían, debido a la limitada disponibilidad de tierras apropiadas, sitios donde existe alta proporcionalidad de especies de rango restringido (Parmesan 1996), caso especies endémicas. (Cuesta et al., 2008).

Por lo tanto, se anticipa que el cambio climático, generado por los patrones de perturbación, provocarían sequías en los ecosistemas de bosques de montaña y causar un aumento de los incendios y la degradación del bosque húmedo y su sustitución por sabanas (Cox et al., 2004 y Nepstad et al., 2008), especialmente

impactar bosques ubicados con gradientes fuertes de clima (Foster 2002). En términos generales, el cambio climático afectará algunas especies más que a otras, las especies consideradas hoy como amenazadas o en peligro de extinción serán las primeras candidatas a desaparecer por el impacto del cambio climático. (Alpizar 2008).

Bajo este escenario climático, las investigaciones señalan, en la escala de especies, tres respuestas generales podrían ocurrir debido a las anomalías climáticas: desplazamiento, adaptación o extinción local. (Cuesta et al., 2008; Holt, 1990 y Peterson et al., 2001).

Ante esta vulnerabilidad y probable desaparición de ecosistemas y especies de bosques de montaña, diversos estudios señalan, las plantas pueden responder a los cambios ambientales modificando su fenología, y los procesos fisiológicos y reproductivos (Matesanz et al., 2010), dando lugar a distintas respuestas y estrategias que adoptan las plantas para su supervivencia y dominancia. Estas estrategias pueden estar asociadas a mecanismos de captura, uso y distribución de recursos, clasificando las especies como adquisitivas (adaptativas) o conservativas (Wilson et al., 1999; Kohler et al., 2000; Díaz et al., 2006 y Poorter et al., 2006), ambas estrategias pueden coexistir en un mismo sitio, mostrando similitud en la respuesta a los cambios en el ambiente y las perturbaciones. (Kühner y Kleyer 2008).

XVII

Sin embargo, en los bosque tropicales, las investigaciones han estado orientadas a conocer la estructura, composición y dinámica del bosque, dejando de lado la dimensión funcional de las especies, fundamentales para comprender las dinámicas ecológicas, en base a la variación de los rasgos funcionales entre las diferentes especies que componen los ecosistemas (Chave et al., 2006). Se sabe que los efectos de la diversidad sobre los procesos ecosistémicos son atribuidos a

los rasgos funcionales (valor y rango) de las especies individuales y sus interacciones, más que al número de especies. (Díaz & Cabido 2001).

El presente estudio se llevó a cabo en el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Perú, a 875 msnm, en una parcela permanente de medición de 1 ha, subdividido en 25 sub parcelas de 20m x 20m, donde se determinó el rasgo funcional densidad ( $\rho$ ) madera (DM), según la base de datos de Chave et al. (2005), Zanne et al. (2009) y de Baker et al. (2004<sup>a</sup>), se agrupó en 5 categorías de densidad. (Aróstegui 2006).

El rasgo funcional diámetro del fuste del árbol (Dap) y altura total del árbol (Hmax) se evaluó siguiendo el protocolo de RAINFOR (Phillips et al., 2016), se ha categorizado por estratos arbóreos (Finegan et al., 1999), agrupando los árboles según la estrategia de sobrevivencia de la planta, en estrategia de especies conservativas y adaptativas. (Cardoza 2011).

Con la presente investigación del conocimiento científico de rasgos funcionales: DM, Dap y Hmax de los árboles de ecosistemas de bosque de montaña, aportará en la región de Yungas o Selva Alta, a distinguir dos grandes tipos de medidas, tal como lo propone Smithers y Smith (1997). El primero, incluye las medidas que buscan amortiguar las perturbaciones, aumentando la resistencia y la resiliencia de los ecosistemas frente a los cambios climáticos bruscos, por ejemplo, prevenir los fuegos, manejar las especies invasivas y las plagas, restaurar el ecosistema después de una perturbación.

El segundo tipo, busca facilitar medidas para la evolución o la transición del ecosistema hacia un nuevo estado, adaptado a las nuevas condiciones, por ejemplo, aumentar la conectividad del paisaje, conservar ecosistemas en gradientes de condiciones ambientales, conservar la diversidad genética en

ecosistemas naturales y modificar el manejo de ecosistemas plantados o aprovechados.

El aporte al conocimiento científico es identificar los rasgos funcionales de las especies claves para los ecosistemas de bosques de montaña, y como aporte tecnológico, permitirá entender la sensibilidad de los ecosistemas y especies a partir de los rasgos funcionales, para así definir estrategias de adaptación de las especies a los riesgos ambientales que generará el cambio climático. Información técnico científico útil para los tomadores de decisión en los sectores públicos y privados respecto al manejo y conservación de los ecosistemas y el bienestar de las poblaciones locales usuarios de los servicios ecosistémicos.

La vulnerabilidad provocada por el cambio climático a los árboles de ecosistemas de bosques de montaña, ha conllevado a plantear el problema de investigación: ¿De qué manera el rasgo funcional densidad de madera(DM), diámetro del fuste del árbol (Dap) y altura total del árbol (Hmax) favorecen la estrategia de conservación de especies conservativas y adaptativas en bosque de montaña de Tingo María?. El objetivo del estudio fue, determinar si el rasgo funcional DM, Dap y Hmax del árbol, favorecen la estrategia de conservación de especies conservativas y adaptativas (adquisitivas).

# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. FUNDAMENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) presenta numerosas evidencias del cambio del clima y sus impactos sobre los ecosistemas (Parry et al., 2007). Los estudios señalan, el cambio climático va a causar el desplazamiento de las zonas de vida, definidas como zonas con condiciones climáticas adecuadas para un tipo dado de ecosistema. Frente a estos cambios, las especies constitutivas de un ecosistema pueden adaptarse mediante la plasticidad fenotípica, la evolución adaptativa y la migración (Markham 1996, Bawa y Dayanandan 1998). La capacidad adaptativa es considerada la habilidad de un sistema de ajustarse a los riesgos ambientales del cambio climático para moderar sus daños potenciales.

En la actualidad a nivel global existe creciente interés en estudiar la adaptación de los ecosistemas naturales vulnerables a los riesgos ambientales que provoca el cambio climático, convirtiéndose en desafíos y oportunidades para los actores locales, los tomadores de decisión y los científicos; debido, a que muy poco se sabe sobre cómo el cambio climático va a afectar a los ecosistemas, sus servicios y el bienestar de la gente que depende de ellos; por lo que, es necesario evaluar y analizar la vulnerabilidad de los ecosistemas para proponer estrategias de adaptación, como medidas que amortiguan las perturbaciones y otras que facilitan la evolución o la transición del ecosistema.

Los científicos proyectan que los ecosistemas naturales de los bosques tropicales serán afectados por el cambio climático y las perturbaciones asociadas,



como por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios e insectos (Dale et al., 2001) de las posibles sequías inducidas por el cambio climático en la Amazonía, podría causar un aumento de los incendios, consecuente degradación del bosque húmedo y su sustitución por sabanas. (Cox et al., 2004, Scholze et al., 2006, Nepstad et al., 2008).

En este contexto, los bosques tropicales ubicados en zona nubosos son altamente vulnerables al cambio climático, debido a que los cambios en la temperatura o las precipitaciones, aun a pequeña escala, pueden impactar fuertemente estos bosques ubicados en zonas con condiciones especiales y gradientes fuertes de clima. (Foster 2002)

A menudo, las especies de esos bosques tienden a migrar a mayores elevaciones, sin embargo, los espacios disponibles de ecosistemas es cada vez más reducido (Hansen et al., 2003) donde las actividades antrópicas han convertido los bosques de montaña en pequeños fragmentos, generando pérdidas de conexión de los corredores biológicos, condiciones que provoca cambios en las precipitaciones, que su vez afecta la productividad y la supervivencia de las especies, con desplazamiento de especies a nuevas zonas de vidas, estas reducciones de las precipitaciones genera prolongadas temporadas de climas secas, condiciones que aumentan los riesgos de incendios. (Goldammer y Price 1998; Hansen et al., 2003)

El interés de los investigadores para la evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas de bosques de montaña, permite conocer la sensibilidad de los ecosistemas y especies a partir de los rasgos funcionales, información útil que ayuda a la planificación de estrategias de adaptación al cambio climático. Entendiendo que la vulnerabilidad de un ecosistema depende de su capacidad adaptativa, condición que permite a las especies que componen un ecosistema

adaptarse a los cambios ambientales mediante plasticidad fenotípica (aclimatación), evolución adaptativa o migración a sitios más adecuados (Markham 1996). La capacidad adaptativa de los ecosistemas depende de la capacidad adaptativa de las especies, la diversidad de grupos funcionales y la diversidad de especies dentro de los grupos funcionales (Walker 1992 y 1995). Por lo tanto, si se desconoce la capacidad adaptativa de muchos ecosistemas, se anticipa que esa capacidad podría ser insuficiente para enfrentar los cambios climáticos previstos. (Gitay et al., 2002, Seppala et al., 2009)

Los estudios de rasgos funcionales de ecosistemas frágiles de bosques de montaña cada vez cobra importancia, debido a que ayuda a monitorear el estado de la biodiversidad frente posibles impactos a los riesgos ambientales generados por el cambio climático, uno de estos impactos detectados son las prolongadas temporadas de sequía, que aumenta los riesgos de incendios (Goldammer y Price 1998, Hansen et al., 2003), además la fragmentación del bosque, e insectos (Dale et al., 2001) y otros factores de cambios (sobre aprovechamiento de los recursos naturales, contaminación).

Fernández (2007) refiere que los estudios que aborden esta problemática serán la base para iniciar la evaluación de la DF y lograr un acercamiento a su influencia en los procesos complejos que se dan en un ecosistema boscoso y su efecto en la calidad de los servicios ecosistémicos provenientes de estos, por lo tanto existen en la actualidad metodologías para la evaluación de la DF, una de ellas es el enfoque de tipos funcionales de plantas (TFP`s), los cuales permiten reducir la complejidad de la diversidad de especies en torno a una función ecológica a unos tipos de plantas clave, agrupando especies con funcionamiento similar independiente de su filogenia. (Díaz 2001).

Las demás formas de medir diversidad funcional son índices que relacionan el rango y valor de los rasgos de las plantas y su distribución dentro de una comunidad vegetal. Aunque se reconoce la relación entre diversidad y funcionamiento ecosistémico, en la actualidad el poder explicativo de las diferentes medidas de diversidad funcional permanece en gran parte inexplorado (Petchey et al., 2004).

Para comprender estos procesos ecológicos es necesario determinar la variación de rasgos funcionales entre las diferentes especies que componen los ecosistemas (Chave et al., 2006). Un rasgo funcional, es un carácter morfológico, fisiológico o fenológico relevante de la planta, el cual se encuentra relacionado con un efecto sobre uno o más procesos ecológicos o con una respuesta a uno o más factores ambientales, condición que describe diferentes aspectos de las estrategias de vida de las plantas.

Las investigaciones señalan, los mecanismos a través de los cuales la biodiversidad puede influir en el funcionamiento de los ecosistemas están más relacionados con algunos rasgos funcionales de las especies, que con la riqueza específica (Díaz y Cabido 2001). Las especies funcionales que dominan procesos ecosistémicos no son necesariamente las más numerosas en el ecosistema (Díaz et al., 2003). Por lo tanto, el conjunto total de rasgos funcionales, así como su abundancia en una comunidad es uno de los principales factores del funcionamiento de los ecosistemas y el papel que pueda jugar en determinada función un individuo dentro de los procesos que se dan en un ecosistema. (Díaz et al., 2002)

Por tanto, conociendo los grupos funcionales de las especies de árboles en diversos ecosistemas, se puede monitorear el estado de la biodiversidad frente posibles impactos de los riesgos ambientales generados por el cambio climático,

conociendo la capacidad adaptativa de las especies y ecosistemas al cambio climático, se puede planificar programas de rehabilitación de los ecosistemas, biorremediación, corredores biológicos y protección.

Considerando los problemas actuales de deforestación que pasa los bosques de montaña (Selva Alta), bosques convertidos a actividades agropecuarias con prácticas de quema sistemática, generan aumento de temperaturas y sequías prolongadas, condiciones climáticas que provocan incendios permanentes, consecuentemente la biodiversidad que alberga estos ecosistema de bosques de montaña cada vez son más vulnerables, provocando desaparición de los hábitat esenciales de especies endémicas. Además, gran parte de la población rural al entorno de estos ecosistemas de montaña, dependen de los productos maderables o no maderables, así como las fuentes de agua para sus modos de vida, la seguridad alimentaria y la salud.

En estas condiciones, la evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas de bosques de montaña, mediante la determinación de rasgos funcionales de las especies es de interés para la investigación, útiles para los tomadores de decisión en los sectores públicos, privados o asociativos implicados en el manejo, conservación de los ecosistemas y bienestar de las poblaciones locales.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Los bosques nativos de ecosistemas de montaña, ubicados en la selva alta peruana son altamente vulnerables al cambio climático y a las perturbaciones asociadas, consecuentemente serán afectados los servicios ecosistémicos (cantidad y calidad del agua, fertilidad de suelos, biodiversidad, captura de carbono y crecimiento vegetal, etc.) por lo tanto, estudiar y conocer la capacidad adaptativa de los ecosistemas y de las especies de los bosques de montaña a los riesgos

ambientales del cambio climático son necesarios, para planificar programas de rehabilitación, establecer corredores biológicos y la protección de los ecosistemas y la biodiversidad.

Considerando las recomendaciones de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), los bosques cumplen tres tipos de servicios ecosistémicos, **a) los servicios de suministro** (que contribuyen a producir “bienes” como alimentos, fuentes de energía, bioquímicos, recursos genéticos, fibras y madera), **b) los servicios de regulación** (como la regulación del clima, de la cantidad y calidad de agua, de las enfermedades) y **c) los servicios culturales** (por ejemplo, espirituales, religiosos o educativos). Por lo que, para comprender estos servicios ecosistémicos de bosques de montaña, es útil la determinación de la variación de rasgos funcionales entre las diferentes especies que componen dichos ecosistemas.

Conociendo los rasgos funcionales de los ecosistemas y las especies, se puede integrar en los planes o las políticas de adaptación al cambio climático y de la sociedad. Esta integración puede servir como una oportunidad para la conservación, manejo sostenible de los ecosistemas y su adaptación al cambio climático; además, reconociendo el valor de los ecosistemas de los bosques de montaña se puede generar políticas públicas integrales de conservación de estos ecosistemas vulnerables al cambio climático.

Así mismo, considerando la política de investigación de CONCYTEC, refiere que es necesario garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, política que tiene relación con la conservación de bosques montaña. Por otro lado, la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (UNHEVAL), en su política de educativa de investigación toma especial atención a la responsabilidad social y medio ambiente. Por lo tanto, la evaluación de los ecosistemas de bosques de montaña es de

especial interés para la región de Huánuco, al evaluar los rasgos funcionales de los árboles en parcelas permanentes de medición, el monitoreo de datos a largo plazo, permitirá diseñar medidas de adaptación de los ecosistemas y las especies a los riesgos ambientales que genera el cambio climático.

### **1.3 IMPORTANCIA O PROPÓSITO**

En las últimas décadas en la selva alta peruana, principalmente en los bosques de montaña la deforestación de los bosques primarios ha generado la pérdida y degradación de los suelos, con pérdida de la capacidad de restauración al estado original del bosque. Por un lado, la permanente tala y quema de los bosques secundario para la siembra de cultivos, y por otro, escasa capacidad de regeneración natural, debido a la ausencia de árboles semilleros para la producción y dispersión de las semillas; sumándose a ello, la tala ilegal de los pocos árboles que aún quedan en pequeños bosques relictos, a pesar de la existencia de normativas sobre la extracción y manejo forestal.

Por otro lado, la deforestación creciente de grandes extensiones de bosques naturales en la selva alta, especialmente en Alto Huallaga, ha provocado la pérdida de biodiversidad de especies nativas, en muchos casos la diversidad ha quedado en pequeños refugios de ecosistemas o relictos de bosques de montaña, ubicada principalmente en las partes más colinosas, espacios donde la diversidad de flora y fauna ha encontrado un refugio para su alimentación y reproducción.

Esta fragmentación de los bosques naturales, ha causado interrupción de corredores biológicos, necesarios para la migración de especies, mediante la conectividad de ecosistemas naturales; sumándose, la quema reiterada de la vegetación arbustiva o pajonales, ocasionando la pérdida de la capacidad de restauración natural de los ecosistemas degradados. Consecuentemente el

desequilibrio y la vulnerabilidad de los ecosistemas y biodiversidad, ha provocado cambios en los ciclos de lluvias, pérdida de cursos de agua en las quebradas altas y su colmatación por las repentinadas e intensas lluvias.

Frente a esta realidad de fragmentación y degradación de los ecosistemas naturales y los cambios climáticos en la región de selva alta, existe la preocupación de los investigadores, comunidades locales, tomadores de decisión de las autoridades locales, regional y nacional, de la necesidad de estudiar las estrategias de restauración de los ecosistemas para la sobrevivencia de los bosques naturales y enfrentar a la vulnerabilidad ante los riesgos ambientales que genera el cambio climático. Contexto que permite evaluar una línea base del estudio de los rasgos funcionales de los árboles, para conocer las estrategias que las especies de árboles utilizan para la adaptación a los riesgos ambientales del cambio climático.

#### **1.4 LIMITACIONES**

La limitación fue del tipo metodológico del estudio de rasgos funcionales en zonas de selva alta peruana, debido a que los protocolos de estudio de rasgos funcionales se han realizado en otros ecosistemas de bosques o zonas de vida; además, aun las universidades de la zona, no cuentan con equipos especializados para la medición de rasgos funcionales muy específicos de las especies forestales; Sin embargo, a pesar de las limitaciones significativas durante la evaluación de campo fueron solucionados por el investigador.

## 1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### Problema general

¿Cuál de los rasgos funcionales de los árboles de bosques de montaña favorecen la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales en el bosque reservado UNAS-Tingo María?

### Problemas específicos

- a) ¿De qué manera la densidad de la madera favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas?
- b) ¿De qué manera el diámetro del fuste del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas?
- c) ¿De qué manera la altura total del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas?

## 1.6. FORMULACIÓN DE LOS OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar los rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales, en el Bosque Reservado UNAS-Tingo María.

### Objetivos específicos

- a) Determinar si la densidad de la madera favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas (adquisitiva) y conservativas.
- b) Determinar si el diámetro del fuste del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.
- c) Determinar si la altura total del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.



## 1.7 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### Hipótesis general

Las características de los rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña si favorecen en la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales, en el Bosque Reservado UNAS Tingo María.

### Hipótesis específicas

Hi<sub>1</sub>. La densidad de la madera favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.

Ho<sub>1</sub>. La densidad de la madera no favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.

Hi<sub>2</sub>. El diámetro del fuste del árbol favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.

Ho<sub>2</sub>. El diámetro del fuste del árbol no favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.

Hi<sub>3</sub>. La altura total del árbol favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.

Ho<sub>3</sub>. La altura total del árbol no favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.

## 1.8 VARIABLES

### Variable independiente:

Rasgos funcionales

### Indicadores:

- 1) Densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>)
- 2) Diámetro del fuste del árbol (m)
- 3) Altura total del árbol (m)

**Variable dependiente:**

Estrategia de conservación

**Indicadores:**

- 1) Especies adaptativas (adquisitivas)
- 2) Especies conservativas

**1. 9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

La investigación ha sido viable, porque se contó con la disponibilidad de recursos: **a)** financieros, **b)** humanos, **c)** materiales, **d)** bibliográficos y tiempo; las inconvenientes fueron solucionados por el investigador durante el desarrollo de la investigación en campo; además, se contó con una parcela permanente de medición (PPM) en el Bosques Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), administrada por la Facultad de Recursos Naturales Renovables-UNAS, donde se evaluó y tomó las variables señas en el diseño de investigación.

**1. 10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS OPERACIONALES****Rasgo funcional densidad de la madera (DM)**

La densidad de madera es expresado normalmente en  $\text{g/cm}^3$  o en  $\text{kg/m}^3$  (Nogueira et al., 2008, ASTM 2011), esta correlacionada con la tasa de crecimiento (TC), de estrategias de especies adaptativas y conservativas. La DM, en combinación con la altura máxima de la planta, juega un importante rol global en el almacenamiento de C. (Cornelissen et al., 2003). Entre más densa es la madera su crecimiento es más lento (mayor densidad), a mayor tasa de crecimiento, menor densidad (Barajas- Morales et al., 1997).

**Diámetro del fuste del árbol (Dap)**

Diámetro del árbol medido a una altura de 1.30 m del suelo, también se denomina diámetro normal, permite conocer el área basal del árbol (AB), es la superficie medida en metros cuadrados ( $m^2$ ) de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho. La distribución más importante en la organización de los bosques húmedos tropicales, es el número de árboles por clases diamétricas. Para el conjunto total de árboles con DAP > 10 cm, la forma de la distribución se aproxima a series geométricas decrecientes o "j invertida, las variaciones en la forma de la curva pueden indicar, por ejemplo, los efectos de explotación u otras perturbaciones de una especie.

### **Rasgo funcional altura total del árbol (Hmax)**

Se define como la distancia más corta entre el límite superior (altura máxima de la copa) del árbol y el nivel del suelo, expresado en metros. Las investigaciones señalan que a una mayor altura es posible poner a salvo estructuras reproductivas durante un incendio (Cornelissen et al., 2003); además, determinadas especies tienen el potencial de tolerar factores de perturbación (fuegos, tormentas, huracanes), causadas por las variaciones ambientales, y también tiene relación con el vigor competitivo, fecundidad (Cornelissen et al., 2003) tamaño de los frutos y las semillas y la demanda lumínica. (Poorter et al., 2003).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Cardosa (2011) al evaluar la diversidad, composición florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Montecristo, El Salvador, encontró 63 especies dominantes que representan el 75% del área basal del bosque, las cuales determinan mayormente las funciones del ecosistema. Las familias más representativas encontradas fueron Fabaceae, Lauraceae, Fagaceae, Malvaceae y Pinaceae, de estas especies 65 % fueron caducifolias y 35 % perennifolias.

Identificó como las especies se agrupan funcionalmente de acuerdo a dos rasgos funcionales claves (Densidad de Madera-DM y Altura máxima-Hmax) lo que permitió identificar cinco tipos funcionales de plantas (TFPs), tres de ellos presentan estrategias “Conservativas” de estrato arbóreo medio, superior y emergente; y dos TFPs con estrategia “Adquisitivas” de estrato arbóreo medio. La densidad de madera promedio fue 0,60 g/cm<sup>3</sup> y la altura máxima promedio fue de 24,6 metros. El 44,4 % de las especies pertenecieron a la categoría mediana de densidad de madera. El 9,5% de las especies se registraron en el estrato arbóreo emergente (> 35 m) y el 75 % pertenecieron al estrato arbóreo medio.

Villacis et al. (2010) al estudiar grupos funcionales de especies forestales utilizadas en biorremediación de áreas afectadas por la explotación de petróleo, seleccionaron individuos con DAP mayor a 10 cm y midieron los rasgos área foliar, área foliar específica, fuerza tensil foliar, contenido foliar de materia seca, contenidos foliares de nitrógeno y fosforo y la densidad específica de la madera. Es estos rasgos permitieron definir grupos funcionales de plantas (TFP., tal es así que

determinaron *Apeiba membranaceae*, *Mycia* aff. *falla* y *Zigia longifolia*), *Platymiscium pinnatum* y *Piptadenia pteroclada*), son las especies más idóneas para utilizarlas en los programas de reforestación de zonas afectadas por la explotación petrolera, por su mejor adaptabilidad y por sus potencialidades para aportar en los procesos de ciclaje de nutrientes y captura y almacenamiento de carbono de acuerdo a sus rasgos funcionales.

Bermeo (2010) al determinar y caracterizar tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas, concluye que las especies se agrupan funcionalmente de acuerdo a un conjunto de siete rasgos funcionales clave (Área foliar-AF, Área específica foliar-AFE, contenido foliar de materia seca-CFMS, fuerza física de las hojas-FFH, densidad de madera-DM, contenido foliar de nitrógeno-N y contenido foliar de fósforo-P) y su comportamiento frente a la altitud y, de este modo, contribuir el entendimiento de cómo reaccionan ante cambios en un grupo de variables bioclimáticas.

Concluye sobre la base de un conjunto de siete rasgos foliares y de tallo, identificó TFPs que muestran una combinación de atributos consistentes con estrategias adquisitivas y conservativas en comunidades de plantas en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal. Señala en términos generales, los TFP con estrategias adquisitivas tenderían a ser beneficiados si el cambio en el ambiente va en el sentido de incrementos en la disponibilidad de recursos y condiciones como el caso de la radiación y la temperatura del ambiente, en cambio los TFP conservativos tenderían a ser perjudicados.

Vásquez y Solorza (2017) al evaluar la agrupación funcional de especies vegetales para la restauración de ecosistemas de montaña de Bogotá, Colombia. Registraron el área foliar el área foliar (AF), área foliar específica (AFE), contenido

foliar de materia seca (CFMS), densidad de madera (dB), altura máxima (Hmax) y hábito de crecimiento de ocho especies vegetales. Encontraron tres grupos funcionales, con características de especies exclusivamente adquisitivas o adquisitiva - conservativa, lo que sugiere diferentes mecanismo y estrategias de adaptación a las condiciones de recuperación de las áreas perturbadas.

Aquino (2009) evaluó los impactos de la perturbación humana en la diversidad funcional de bosques tropicales muy húmedos de Costa Rica, y sus implicancias para la provisión de servicios ecosistémicos fijación-almacenamiento de carbono (carbono) y regulación hídrica ecosistémica (agua). Seleccionó las especies que pertenecían al 75% del área basal de estos bosques (bosque sin intervención, bosque manejado de bajo impacto, bosque manejado de alto impacto y bosque secundario) en cuatro periodos de estudio. Midieron rasgos útiles para el servicio carbono como: contenido foliar de materia seca, contenido foliar de nitrógeno y fósforo, densidad de madera, tasa de crecimiento, para el servicio agua, textura de corteza, textura de la hoja, ángulo de rama, capacidad de carga de epífitas y densidad de copas, y finalmente rasgos utilizados en ambos servicios: área foliar, área foliar específica, fuerza tensil foliar, fenología foliar y altura máxima.

En el estudio ubicó 110 especies en cuatro tipos funcionales de plantas a través de la interacción de los rasgos dentro del espectro de especies “adquisitivas” y “conservativas” para el servicio carbono: “conservativas de dosel superior” (Ic); “adquisitivas emergentes” (IIc); “adquisitivas dosel inferior” (IIIc) y “palmas” (IVc). La media ponderada de la comunidad evidenció para el servicio carbono, mayor presencia de especies “adquisitivas” en bosques secundarios, mientras que en los bosques primarios sobre todo en el bosque sin intervención hubo mayor presencia de especies “conservativas.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Cambio climático

El cambio climático es un proceso que incluye una variación en el estado del clima, que se expresa en las fluctuaciones del valor medio o en la variabilidad de los factores que la determinan, las cuales persisten durante largos periodos (Baede et al., 2007). El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, forzamientos por cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o al uso de la tierra.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como *“cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”* (UNFCCC 1992). Se hace diferencia entre el cambio producido por las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

En las últimas décadas las actividades humanas han aumentado la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) debido principalmente al consumo de combustibles fósiles y al cambio de uso de la tierra para actividades productivas (IPCC 2000). El aumento en GEI provoca un aumento en el forzamiento radiactivo de la Tierra, que es una manifestación del cambio en la concentración de gases. Entre ellos el dióxido de carbono y el metano, principalmente, han aumentado sus concentraciones en los últimos años (IPCC 2000), modificando el balance en los flujos de radiación solar del planeta, aumentando la temperatura de la Tierra y modificando los regímenes de lluvia y demás variables climáticas relacionadas a los flujos de energía solar.

El cambio climático tiene el potencial de cambiar varios aspectos de la estabilidad de los ecosistemas de la tierra, al interrumpir procesos ecológicos vitales tales como los ciclos biogeoquímicos o los climas locales, regionales y globales (Parmesan 2006), además alterar la respuesta de las comunidades de plantas y animales terrestres con consecuentes cambios en la composición y estructura de las comunidades ecológicas (Walther et al., 2002). Algunas de las principales amenazas del cambio climático sobre las poblaciones de plantas y animales son que se pueden alterar los rangos de distribución geográfica de las especies por cambios en la vegetación de los ecosistemas. (Parmesan 2006).

### **2.2.2 Cambio climático y los impactos en bosques de montaña**

El IPCC (2007) proyecta entre el año 2000 y 2030 un aumento de las emisiones mundiales de gases efecto invernadero (GEI) entre un 25% y 90% de CO<sub>2</sub>, incremento más alta reportada en los últimos 10,000 años. Este aumento según Parmesan y Yohe (2003) constituye una de las fuerzas que moldean los sistemas naturales a nivel global y que actualmente representa una fuerte amenaza para la biodiversidad, entre ellos en un amplio rango de ecosistemas, entre ellos el bosque tropical. (Fischlin et al., 2007).

Las investigaciones de Malhi y Wright (2004) señalan que desde mediados de la década de 1970, todas las regiones de bosque tropical lluvioso han experimentado un fuerte calentamiento en una tasa media de  $0,26 \pm 0,05$  °C por década, de forma simultánea con un aumento global de la temperatura atribuido al efecto invernadero antropogénico. A pesar de que estos bosques han demostrado elasticidad a cambios climáticos en el pasado, los fragmentados y degradados bosques actuales son más vulnerables. (Noss 2001).

En este contexto, aumentos de CO<sub>2</sub> y cambios en los patrones de temperatura y precipitación causará distintos efectos en los ecosistemas de bosques de



montaña, esto indica que muchas áreas, especialmente los hábitats a lo largo de gradientes ambientales, serán sometidas a cambios en poblaciones que no puedan adaptarse o trasladarse con cambios en el clima, incluso algunos se enfrentarían a la extinción. (Biringer 2003).

También en ecosistemas de bosques, taxones y procesos ecológicos los impactos por efecto de cambio climático incluyen cambios en la distribución de las especies, fenología, interacciones ecológicas, composición y dinámica de las comunidades vegetales (Willian et al., 2003) y traslado de hábitat para muchas especies a elevaciones más altas o altitudes altas. (WWF 2003).

Toma interés en la actualidad una mayor importancia el cambio climático que afectará de manera especial a los ecosistemas montanos a nivel mundial. Al estar limitados en términos de temperatura (condicionados a bajas temperaturas) y disponibilidad de espacio, estos ecosistemas por su alta biodiversidad son especialmente susceptibles al calentamiento global.

De hecho, diversos reportes de investigación señalan cambios en las poblaciones, en sus rangos de distribución, composición, estructura, funcionamiento (en la descomposición, ciclos de los nutrientes, flujos del agua, composición de las especies e interacciones de las especies), cambios en la productividad del ecosistema por la limitación de disponibilidad de nutrientes, alimento y otros recursos importantes y, desplazamientos altimétricos y/o altitudinales de comunidades o de ecosistemas debidos a cambios en el clima. (Thuiller et al., 2005, Araújo et al., 2005b, Pearson y Dawson 2003, Bakkenes et al., 2002, Hansen et al., 2001).

Al respecto, los estudios realizados en Costa Rica muestran que habrá un ascenso de los límites altitudinales de los bosques, posiblemente, causando la desaparición de la actual flora y fauna. Halpin y Smith (1991) identifican tres tipos

de cambios. El primer cambio es una fuerte tendencia hacia el desplazamiento de montaña y zonas subalpino por tipos de clima más cálidas pre-montano. El segundo cambio, un potencial estrés térmico en la vegetación, y el tercero es un cambio en todos los niveles de altitud hacia tipos de clima más cálido.

En el caso de la selva peruana, los bosques de ceja de selva, también llamado bosques de Yungas, ubicado en los flancos andinos orientales alberga copiosa biodiversidad, actualmente depredados y fragmentados vienen perdiendo la riqueza de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brinda. Como lo señala Foster (2001), por el acelerado cambio de uso de la tierra, la deforestación y quema, ha conducido a grandes cambios en la formación de nubes y alteración de la actual dinámica de los bosques que incluye pérdida de biodiversidad, cambios altitudinales en la distribución de especies y posterior reorganización de las comunidades y el marchitamiento o muerte de epífitas, provocando un efecto en cascada sobre la vida en estos bosques.

En términos generales como lo señala Kappelle et al. (1999), los cambios actuales y futuros provocados por el calentamiento global actúan sobre diferentes aspectos de los sistemas naturales, tales como: i) las interacciones funcionales entre especies; ii) la distribución espacial y temporal; iii) la diversidad genética; y, iv) los procesos ecosistémicos, entre otros. La elasticidad de los ecosistemas frente a estos cambios depende significativamente del potencial de migración y dispersión de las especies y poblaciones, su diversidad y viabilidad genética, y su tolerancia a los cambios en el clima.

### **2.2.3 Vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático**

McCarthy et al. (2001) cita, según el IPCC, la vulnerabilidad es “el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima”. La

vulnerabilidad tiene tres componentes: la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación.

Algunos ejemplos de factores de exposición son los cambios en el clima y la variabilidad climática (aumentos de temperatura, cambios en precipitación, cambios en los patrones de las temporadas, tormentas y huracanes), el aumento en los niveles de CO<sup>2</sup> en la atmósfera, el aumento del nivel del mar y otros factores no relacionados con el cambio climático (cambio de uso del suelo, fragmentación del paisaje, aprovechamiento de recursos naturales, contaminación).

La sensibilidad es el grado en el cual está afectado un sistema (de manera perjudicial o beneficiosa) debido a estímulos externos al sistema y sin que haya adaptación autónoma de este. Por ejemplo, la sensibilidad puede inducir cambios en los procesos a nivel de árboles (productividad y crecimiento), en la distribución de especies, en las condiciones de sitio (suelos), en la estructura del ecosistema (densidad y altura) y en los regímenes de perturbaciones (incendios y plagas).

La vulnerabilidad de los ecosistemas depende de la capacidad adaptativa, las especies que componen un ecosistema pueden adaptarse a los cambios mediante plasticidad fenotípica (aclimatación), evolución adaptativa o migración a sitios más adecuados (Markham 1996, Bawa y Dayanandan 1998). La capacidad adaptativa de los ecosistemas depende de la capacidad adaptativa de las especies, la diversidad de grupos funcionales y la diversidad de especies dentro de los grupos funcionales, por la redundancia que provee la diversidad (Peterson et al., 2001). Aun si se desconoce la capacidad adaptativa de muchos ecosistemas, se anticipa que esa capacidad podría ser insuficiente para enfrentar los cambios climáticos previstos (Gitay et al., 2002, Seppala et al., 2009). Por ejemplo, los cambios climáticos podrían requerir capacidad de migración mucho mayor que la observada después del último periodo glacial. (Malcolm et al., 2002; Pearson 2006).

Actualmente se han observado impactos del cambio climático y la variabilidad climática sobre ecosistemas, por ejemplo, en los bosques tropicales. Cambios en estructura, funcionamiento y ciclo del carbono han sido reportados (Root et al., 2003; Fearnside 2004; Malhi y Phillips 2004). Otros cambios observados y vinculados al cambio climático se refieren a pérdidas de especies, como el sapo dorado (*Bufo periglenes*) en bosques nubosos de Costa Rica. (Pounds et al., 2006).

Se anticipa que el cambio climático podría causar cambios significativos en la distribución de los bosques tropicales húmedos y los patrones de perturbaciones. Por ejemplo, las posibles sequías inducidas por el cambio climático en la Amazonía es tema de preocupación creciente, ya que podría causar un aumento de los incendios, la degradación del bosque húmedo y su sustitución por sabanas. (Cox et al., 2004; Scholze et al., 2006; Nepstad et al., 2008).

Los bosques tropicales nubosos, son particularmente vulnerables desde un punto de vista del cambio climático, debido a que los cambios en la temperatura o las precipitaciones, aun a pequeña escala, pueden impactar fuertemente estos bosques ubicados en zonas con condiciones especiales y gradientes fuertes de clima (Foster 2002). El calentamiento global puede aumentar la altura de las nubes que proveen humedad a los bosques nubosos (Pounds et al., 1999). A menudo, las especies de esos bosques tienen que migrar a mayores elevaciones, con un espacio disponible cada vez más reducido (Hansen et al., 2003). Por esta razón, se justifica observar los cambios en los bosques nubosos y en general en gradientes de elevación, como medida de monitoreo de los impactos del cambio climático. (Loope y Giambelluca 1998).

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas van a tener consecuencias sobre la biodiversidad; por ejemplo, en los bosques subtropicales, el 40% de las especies podrían desaparecer (Fischlin et al., 2009). Los cambios

tendrán consecuencias además sobre el secuestro de carbono en los ecosistemas. Muchos estudios de modelación del carbono de la biósfera muestran que la capacidad de los ecosistemas de secuestrar carbono podría degradarse severamente bajo escenarios de cambio climático (Cramer et al., 2004). Esa perspectiva es tema de mucha preocupación, debido a que la degradación de ecosistemas y la emisión de carbono a la atmósfera refuerzan el cambio climático.

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas también van a afectar a las personas que viven en los bosques así como a los sectores forestales. La producción de madera cambiará de manera diferente según las regiones, dependiendo de las condiciones climáticas (Osman-Elasha y Parrotta 2009). Una gran parte de la población rural, particularmente en países en desarrollo, depende de los productos ecosistémicos, maderables o no, para sus modos de vida, la seguridad alimenticia y la salud. Por ejemplo, la cosecha de plantas medicinales. (Vedeld et al., 2004, Colfer 2008).

#### **2.2.4 Respuesta de las comunidades a los cambios ambientales**

Para predecir simultáneamente la respuesta de las comunidades a los cambios ambientales y su impacto en los procesos del ecosistema a través de los rasgos funcionales es denominado esquema efecto-respuesta (Suding et al., 2008), que integra dos componentes: 1). Cómo las comunidades pueden responder a cambios ambientales a través de sus rasgos funcionales – denominados rasgos de respuesta–. 2). Cómo ese cambio en las comunidades y en sus rasgos puede afectar los procesos de los ecosistemas a través de rasgos llamados de efecto. (Chapin et al., 2000, Lavorel y Garnier 2002, Suding et al., 2008).

La respuesta de la comunidad a los cambios ambientales es medida por los rasgos de respuesta modificando la composición comunitaria. Por ejemplo, la baja disponibilidad hídrica en ecosistemas secos favorece especies de plantas con

maderas densas compuestas por delgados vasos xilemáticos, cuyas paredes reforzadas con alta asignación de carbono estructural y fibras favorecen la resistencia a embolismos en su sistema de transporte. En anfibios, la baja disponibilidad hídrica promueve la impermeabilización de la piel vía morfológica o vía producción de ceras de origen glandular cutáneo. (Lillywhite et al., 1997, Navas et al., 2002).

A nivel comunitario, tanto la dominancia de especies con maderas densas como la dominancia de especies con cuerpos cubiertos con películas hidrofóbicas disminuyen la velocidad de descomposición de materiales en el suelo, ya sea hojarasca o tejidos animales, impactando el ciclaje de nutrientes en el ecosistema. La selección de los individuos con rasgos de respuesta apropiados para sobrevivir y reproducirse bajo esas condiciones ambientales determinará la composición y dominancia relativa de las especies en la comunidad y esta comunidad alterada impactará los procesos del ecosistema vía cambios en la representación de los rasgos de efecto.

El efecto de los cambios ambientales sobre los procesos del ecosistema puede ser directo cuando los rasgos de respuesta seleccionados también impactan los procesos del ecosistema. Es el caso del efecto de la sequía en las maderas densas o en la impermeabilidad de los anfibios sobre la disminución en la tasa de descomposición de hojarasca. También puede ser indirecto, cuando los rasgos de efecto no son los rasgos directamente seleccionados por el cambio ambiental pero sí están correlacionados con rasgos de respuesta. (Suding et al., 2008)

### **2.2.5 Impacto del cambio climático en la biodiversidad**

Las principales amenazas de la biodiversidad, está asociada al cambio climático que afecta tanto a las especies como los ecosistemas, especialmente en el caso de aquellas especies que necesitan una gama climática limitada y/o un

hábitat bastante restringido (IPCC 2002). Esta variación climática afecta directamente a las funciones de los organismos individuales (por ejemplo, el crecimiento y comportamiento) y modifica poblaciones, por ejemplo, el tamaño y la estructura (IPCC 2002), e influye en la distribución de especies en zonas de montaña de debido a la alta proporcionalidad de especies de rango restringido que conforman estos ecosistemas. (Cuesta et al., 2008).

Al respecto Holt (1990) y Peterson et al. (2001) mencionan que en la escala de especies, tres respuestas generales podrían ocurrir debido a las anomalías climáticas: desplazamiento, adaptación (ya sea en términos de cambios evolutivos o adaptaciones fisiológicas) o extinción local (Cuesta et al., 2008). Por ejemplo, desplazamientos abruptos en la distribución de especies pueden resultar en altas tasas de extinción así como importantes modificaciones en la fenología y fisiología de las especies. (Parmesan y Yohe 2003).

Según el IPCC (2007), entre el 20% y el 30% aproximadamente de las especies consideradas hasta la fecha estarán probablemente más amenazadas de extinción si el calentamiento promedio mundial aumenta. Si el promedio de la temperatura mundial aumentara en más de 3,5 °C, las proyecciones de los modelos indican que podrían sobrevenir extinciones masivas (entre el 40% y el 70% de las especies estudiadas) en todo el mundo.

Además refieren que los estudios en registro de fósiles muestran que el ritmo máximo con la cual varias especies vegetales migran a áreas más apropiadas va desde 0,04 km/año para las más lentas, y hasta de 2 Km/año para las más rápidas. En cambio, si el cambio proyectado en la temperatura superficial de muchas partes del mundo puede requerir que las especies vegetales migren a ritmos aún más rápidos (1,5 a 5,5 Km /año). Así, puede que muchas especies no sean capaces de moverse lo suficientemente rápido para prosperar. Además, a medida que

desaparezca la vegetación nativa en las áreas más afectadas por el cambio climático como en los bosques de latitudes septentrionales, ésta probablemente sea remplazada por especies de crecimiento rápido que a menudo no son nativas. Estas especies producen, por lo general, menos madera, suministran forraje de menor calidad para los animales domésticos, aportan menos alimento para los animales salvajes y ofrecen un hábitat pobre para los animales nativos.

Es posible una mayor probabilidad de extinciones locales para las especies que tienen una distribución restringida (por ejemplo endémicas). Es decir, las especies que ocupan un área marginal con relación a su nicho en un área determinada serán las más vulnerables a cambios climáticos futuros (por ejemplo la desaparición del nicho climático). Por el contrario, especies que ocupan un nicho coincidente (por ejemplo aquellas especies con distribuciones amplias) con las condiciones prevalecientes en la región se verán probablemente menos afectadas. (Thuiller et al., 2005).

Otros efectos importantes son las alteraciones en la fenología de muchas especies por ejemplo: la floración anticipada y la extensión de la época de crecimiento de algunas plantas vinculadas a variables climáticas (IPCC 2007), tales como las temperaturas máximas o mínimas o el número de días en que se registra cierta temperatura; algunas especies se tornarán más vulnerables a depredadores, enfermedades y especies invasoras para las cuales no han desarrollado una defensa natural, migración de especies hacia áreas de mayor elevación, lo que dada la limitada disponibilidad de tierra apropiada y debido al rango restringido de la mayoría de especies, podría resultar en una eventual desaparición de algunos ecosistemas montañosos (Beniston et al., 1997, Parmesan 1996) y, cambios en los periodos de fructificación de algunas plantas. (Bazzaz 1998).



En términos generales, se puede afirmar que el cambio climático afectará la vida silvestre, a algunas especies más que a otras. Las especies consideradas hoy como amenazadas o en peligro de extinción serán las primeras candidatas a desaparecer por tan lamentable fenómeno. (Alpizar 2008).

### **2.2.6 Estrategias de las plantas a los cambios ambientales**

Las plantas pueden responder a cambios ambientales modificando su fenología, y los procesos fisiológicos y reproductivos (Matesanz et al., 2010). Estas respuestas dan lugar a distintas estrategias que adoptan las plantas para su supervivencia y dominancia. Las estrategias pueden estar asociadas a mecanismos de captura, uso y distribución de recursos, clasificando las especies como adquisitivas o conservativas (Wilson et al., 1999, Kohler 2000; Díaz et al., 2006 y Poorter et al., 2006). También, se presentan tres tipos de estrategias de respuesta a la sequía: escape, evasión y tolerante. (Kramer 1980).

Según Kühner y Kleyer (2008), tanto especies con estrategia conservativa como las de estrategia adquisitiva pueden coexistir en un mismo sitio, mostrando similitud en la respuesta a los cambios en el ambiente y las perturbaciones. Por ejemplo, una especie que adopte la estrategia conservativa se asocia a rasgos de alta inversión en protección física, acumulando reservas para soportar la época de sequía. En cambio, las especies adquisitivas se asocian a altas tasas de crecimiento que les permite una recuperación acelerada después de la sequía. También, existen evidencias que en las especies perennes puede haber una combinación de estrategias de tipo evasivo y tolerante a la sequía. Los rasgos de las especies arbóreas permiten agrupaciones funcionales en función de la predominancia de ciertos atributos: Adquisitiva, Conservativa, Escape al Estrés o Perturbación, Evasora y Tolerancia.

**a) Especies adquisitivas:** se caracterizan por ser pioneras, con una tasa de crecimiento relativamente rápida (Thiffault et al., 2006), baja densidad de madera, alta área foliar específica, baja fuerza tensil foliar, bajo contenido de lignina foliar, alto contenido de proteínas, alto contenido de nutrientes en hojas, alta tasa de crecimiento, baja inversión en protección física/química. (Díaz et al., 2002).

**b) Especies conservativas:** son de sucesión tardía y crecimiento lento (Thiffault et al., 2006) hojas duras, pequeñas y bajo contenido de nutrientes (Kühner y Kleyer 2008 y Tecco et al., 1998), alta densidad de madera, baja área foliar específica, alta fuerza tensil foliar, alto contenido de lignina, bajo contenido de proteínas, bajo contenido de nutrientes en hojas, alta inversión en protección física/química (Díaz et al., 2002). Ambas especies tanto conservativas como adquisitivas pueden coexistir en el mismo sitio, mostrando nichos similares a procesos de cambios en el ambiente y perturbación. (Kühner y Kleyer 2008).

**c) Escape al estrés o perturbación:** cumplen su ciclo reproductivo durante la estación favorable y producen semillas antes de que se agote la provisión de agua en el suelo. (Saint- Clair 1981; Fisher y Ludlow 1984).

**d) Evasora:** implica rasgos que aumentan el acceso al agua y la reducción de la pérdida de agua (Kursar et al., 2009). Incluye modificaciones estructurales y fisiológicas, como, entre las primeras está el aumento en la profundidad de las raíces que les permite aprovechar el agua contenida en un volumen mayor de suelo, los movimientos foliares y la reducción de la biomasa foliar. (Saint-Clair 1981).

**e) Tolerancia:** implica mecanismos fisiológicos y el mantenimiento de cierto grado de actividad metabólica a bajos potenciales hídricos foliares ya que se mantiene parcialmente la capacidad de absorción de agua. (Fisher y Ludlow 1984; Tyree et al., 2003 y Valladares et al., 2004).

## **2.3 BASES CONCEPTUALES**

### **2.3.1 Ecología funcional**

La ecología funcional propone a través de la incorporación de rasgos funcionales de fácil medición y con aproximación costo eficientes, describir las diferentes estrategias de vida de las especies y escalar a otros niveles de organización biológica para predecir la respuesta de las especies a los cambios ambientales e inferir su posible impacto en la estructuración de las comunidades y de los procesos de los ecosistemas. Uno de los objetivos de la ecología funcional es entender cómo los rasgos funcionales varían entre y dentro de las especies y cuál es su valor ecológico y adaptativo. (Salgado 2016)

### **2.3.2 Diversidad funcional**

La diversidad funcional (DF) involucra la comprensión de las comunidades y los ecosistemas con base en lo que hacen los organismos y es un componente vital de investigación sobre las consecuencias funcionales de la biodiversidad (Petchey et al., 2009). Está basada en el reconocimiento de los atributos o rasgos de las especies que contribuyen a su capacidad de proveer servicios y responder a perturbaciones. (Naeem 1997; De Clerck 2011).

El rasgo se define como un carácter relevante bien definido y propio del organismo con efecto en procesos ecológicos o respuestas a factores ambientales. Normalmente se mide a nivel individual y se utiliza para comparar especies (Violle et al., 2007). Un rasgo se considera funcional cuando está fuertemente relacionado con el funcionamiento del organismo o del ecosistema (Mcgill et al., 2006). En relación con su medio ambiente, un rasgo puede ser clasificado como un rasgo efecto (rasgo que refleja los efectos de la planta sobre el medio físico, las comunidades o las propiedades del ecosistema) o como un rasgo de respuesta

(rasgo que varía en respuesta a cambios en las condiciones ambientales). (Violle et al., 2007).

La DF es de importancia ecológica porque esta, por definición, es el componente de la diversidad que influencia en la dinámica, estabilidad, productividad, balance de nutrientes, y otros aspectos del funcionamiento ecosistémico (Tilman 2001). La diversidad funcional es definida por Petchey et al. (2004) como los componentes de la biodiversidad que influyen en cómo un ecosistema opera o funciona. Incluye dos componentes.

La DF tiene dos componentes: uno de estos componentes: a) la **riqueza funcional**, a menudo medida como el número de tipos funcionales de plantas (TFPs) que son definidos como el conjunto de especies que comparten rasgos biológicos y juegan un papel similar en los procesos de los ecosistemas; y b) la **composición funcional**, expresada comúnmente como la presencia o ausencia de TFPs. (Díaz y Cabido 2001).

### 2.3.3 Rasgos funcionales

Para comprender procesos ecológicos es útil la determinación de la variación de rasgos entre las diferentes especies que componen los ecosistemas (Chave et al., 2006). Los rasgos funcionales corresponden a un carácter morfológico, fisiológico o fenológico relevante de la planta para comprender y explicar la relación con su entorno, describen diferentes aspectos de las estrategias de vida de las plantas y son el resultado tanto de inercia filogenética como de selección natural del medio ambiente. (Felsenstein 1985).

Por su parte Violle et al. (2007), precisa los rasgos o características funcionales (“functional traits”) son definidos como las características morfológicas, fisiológicas o fenológicas medibles a nivel de individuo, las cuales afectan indirectamente en su buen desarrollo a través de sus efectos sobre los tres

componentes del rendimiento individual, es decir, crecimiento, reproducción y supervivencia.

Por lo que existe una creciente aceptación en relación a que los efectos de la diversidad sobre los procesos ecosistémicos deben ser atribuidos a los rasgos funcionales (valor y rango) de las especies individuales y sus interacciones; más que al número de especies (Díaz & Cabido 2001). Consecuentemente cada vez son más los estudios que respaldan la idea de que la diversidad funcional podría afectar a corto tiempo la dinámica de los recursos del ecosistema y a largo tiempo la estabilidad del ecosistema.

La utilización de rasgos funcionales es clave para evaluar la variación temporal de la DF dentro de la dinámica de los diferentes ecosistemas. Los rasgos, por definición, permiten ser utilizados como indicadores de distintas propiedades ecosistémicas (PE). Por ejemplo, la densidad de madera (DM) es indicador de la tasa de crecimiento (TC) de una planta, en este sentido, hay evidencias que plantas con baja DM tienen mayor tasa de crecimiento y viceversa.

Dado que los rasgos son utilizados como indicadores, es sumamente importante la adecuada elección de los mismos, de tal forma que maximicen la generación de información, deben permitir interpretar la variación de las PE en relación a la variación de la DF, lo que a su vez, permita entender los cambios en la provisión de los SE, tales como la fijación de carbono y regulación hídrica. Por lo tanto, es necesario elegir el menor número posible y que sean lo suficientemente simples y fáciles de medir, de manera que se pueda registrar un gran número de especies (Díaz y Cabido 1997, Hodgson et al., 1997) con el mínimo costo posible. (Cornelissen et al., 2003).

Petchey y Gaston (2006) indican los rasgos funcionales pueden ser de dos tipos: **a) Cualitativos o categóricos**: como fenología, la forma de la copa de un

árbol, arquitectura, pubescencia, etc. y **b) Cuantitativos**, como son el contenido de N y P en la hoja, densidad de madera, tamaño de planta adulta, contenido de materia seca del tallo entre otros; sin embargo, dos rasgos funcionales claves relacionados con la biomasa de un ecosistema es la densidad de madera (DM) y la altura máxima (Hmax) de la planta. (Cornelissen et al., 2003).

### **2.3.3.1 Rasgos del tronco, copa y otros**

El segundo rasgo funcional más importante, es la altura máxima (Hmax). Se define como la distancia más corta entre el límite superior (altura máxima de la copa) de una planta y el nivel del suelo, expresado en metros. Se considera que debido a una mayor altura es posible poner a salvo estructuras reproductivas durante un incendio (Cornelissen et al., 2003) además, especies más conspicuas tienen el potencial de tolerar factores de perturbación (fuegos, tormentas, huracanes), causadas por las variaciones ambientales, y también tiene relación con el vigor competitivo, fecundidad (Cornelissen et al., 2003) tamaño de los frutos y las semillas y la demanda lumínica. (Poorter et al., 2003).

Las investigaciones señalan, el acceso a la luz es el principal factor que determina el crecimiento vertical de las plantas (Falster y Westoby 2003) y está asociada también a la capacidad de creación de claros después de eventos de mortalidad de individuos grandes. (Delgado et al., 2005).

Un rasgo importante relacionado al tronco es la densidad de madera (DM) correlacionada negativamente con la tasa de crecimiento (TC), es decir especies con baja DM tienden a tener mayor TC; por lo tanto, las especies que invierten menos en estructuras leñosas por unidad de volumen y producen maderas suaves, pueden crecer y responder rápidamente a la formación de claros en el bosque (Verburg y van Eijk-Bos 2003). La DM, en combinación con la altura máxima de la

planta, juega un importante rol global en el almacenamiento de C. (Cornelissen et al., 2003).

También hay evidencias que las especies con mayor TC y baja DM, podrían tener mayor capacidad en la fijación de carbono; en condiciones ideales de disponibilidad de luz, nutrientes y otros factores ambientales (Deyn et al., 2008). Por otro lado la rugosidad de la corteza, juega un rol importante en el flujo caulinar (Precipitación que es interceptada por la cubierta vegetal y se desliza por el tallo o los ejes principales de dicha cubierta). Del mismo modo, el ángulo de inserción de las ramas al tronco influye tanto en el flujo caulinar como en la intercepción, en tal sentido a medida que estas se hacen más perpendiculares al fuste, se incrementan los valores de intercepción y disminuye los valores del flujo caulinar. (Huber e Iroume 2001).

En relación a los rasgos de la copa que generalmente son a nivel de individuos, como la densidad del follaje, altura, área y apertura de la copa juegan un rol importante en la redistribución de la PP y a través de este proceso influyen en la regulación hídrica (Park y Cameron 2008). Finalmente el rasgo altura máxima de la planta está asociada con vigor competitivo, con el tamaño de los frutos y las semillas, la demanda lumínica (Poorter et al., 2008), la profundidad de las raíces y el crecimiento lateral. (Cornelissen et al., 2003, Dahlgren et al., 2006).

Cardoza (2011), precisa que se entiende por redundancia funcional las especies que desempeñan roles similares en comunidades y ecosistemas, y por lo tanto pueden ser sustituibles con poco impacto en los procesos de los ecosistemas (Lawton y Brown 1993). El valor y rango de los rasgos funcionales de los organismos en un determinado ecosistema pueden medirse; entre estos valores podemos mencionar: tamaño de hoja, contenido de nitrógeno, altura de dosel, dispersión de semillas entre otros y como rangos los cuales son las diferencias

entre los valores extremos de estos podemos mencionar rango de tamaño de hojas, alturas de dosel o profundidad de raíces entre otros.

En relación a la altura de la planta, se considera que debido a una mayor altura es posible poner a salvo estructuras reproductivas durante un incendio (Cornelissen et al., 2003), además especies más conspicuas tienen el potencial de tolerar factores de perturbación (fuegos, tormentas, huracanes), causadas por las variaciones ambientales y también tiene relación con el vigor competitivo, fecundidad (Cornelissen et al., 2003), tamaño de los frutos y las semillas y la demanda lumínica (Poorter et al., 2003). El acceso a la luz es el principal factor que determina el crecimiento vertical de las plantas (Falster y Westoby 2003). Está asociada también a la capacidad de creación de claros después de eventos de mortalidad de individuos grandes. (Delgado et al., 2005).

### **2.3.3.2 Rasgo densidad de la madera**

La densidad básica de la madera (DM) es un rasgo funcional que se expresa como el peso seco de una sección leñosa de una planta (tallo, raíz, ramas, etc.) dividido por el volumen de la misma sección cuando se encuentra saturado de agua y es expresado normalmente en  $\text{g/cm}^3$  o en  $\text{kg/m}^3$  (Nogueira et al., 2008, ASTM 2011). En general, existe una gran variabilidad de la DM entre familias, géneros, especies, individuos de una misma especie e incluso dentro de un mismo individuo, dependiendo de factores ambientales y de la edad de los árboles. (Wieman y Williamson 1989).

Por varias décadas la densidad de la madera ha sido un tema central en el desarrollo de técnicas de utilización y procesamiento de las maderas tropicales debido a su relación con la resistencia, durabilidad y belleza de los productos finales (Simpson y Sagoe 1991). Recientemente, se ha demostrado la importancia de esta variable para los estudios de la ecología de las especies y comunidades de plantas



de los bosques tropicales. Por ejemplo, la densidad de la madera está relacionada con características ecológicas de las especies de árboles, como la mortalidad (Kraft et al., 2010, Osunkoya et al., 2007), las tasas de crecimiento (King et al., 2006) y la capacidad de almacenamiento de carbono. (Chave et al., 2005).

También la densidad de la madera afecta significativamente las propiedades hidráulicas de los árboles, en particular la capacidad de almacenamiento y transporte de agua en troncos y ramas (Scholz et al., 2007; Meinzer et al., 2008), los valores mínimos del potencial hídrico foliar (Bucci et al., 2004), y la resistencia a la sequía (Markesteyn et al., 2011). Todas estas evidencias muestran que  $D_m$  es una variable de importancia fundamental en los estudios sobre la ecofisiología de los bosques (Larjavaara y Muller-Landau 2010) y para la estimación confiable de su contenido de carbono. (Chave et al., 2005, Nogueira et al 2007, Álvarez et al., 2012a).

Las investigaciones refieren, entre más densa es la madera su crecimiento es más lento, pero su resistencia y longevidad son mayores, almacenando carbono durante más tiempo (Barajas Morales et al., 1997) en cambio, las especies con baja densidad de madera, son por lo general especies oportunistas de claros en el bosque, de crecimiento rápido, con menor resistencia mecánica y a menudo de baja estatura (Williamson 1984, Zanne y Falster 2010). Contrariamente, árboles con alta densidad de madera se encuentra a menudo en ambientes con presencia de factores que generan estrés en las plantas, baja radiación solar, viento, bajas temperaturas, abundancia de hongos descomponedores de madera y baja fertilidad del suelo. (Chave et al., 2006)

#### **2.3.4 Especies Conservativas y Adapativas o Aquisitivas**

Las características ecológicas de los rasgos funcionales de las plantas en los ecosistemas, son relevantes, para la supervivencia de los árboles en los

bosques, las cuales pueden clasificarse en dos estrategias muy generales: adquisitiva y conservativa (Díaz et al., 2006). Al respecto Kühner y Kleyer (2008) refiere que tanto especies conservativas como adquisitivas pueden coexistir en el mismo sitio, mostrando similitud a procesos de cambios en el ambiente y perturbación.

Por un lado, la estrategia adquisitiva, principalmente está compuesto por árboles de baja densidad de madera; alta área foliar específica, baja fuerza tensil foliar, bajo contenido de lignina, alto contenido de proteínas, alto contenido de nutrientes en las hojas, alta tasa de crecimiento, baja inversión en protección física/química. En cambio, la estrategia conservativa, agrupan especies de árboles de alta densidad de madera, baja área foliar específica, alta fuerza tensil foliar, alto contenido de lignina, bajo contenido de proteínas, bajo contenido de nutrientes en las hojas, baja tasa de crecimiento, alta inversión en protección física/química. Díaz et al. (2004) precisa que la supervivencia de las plantas en los bosques está asociado a sus características ecológicas, las cuales pueden ser resumidas en términos de dos estrategias: adquisitiva y conservativa.

Las **especies adquisitivas**.- se caracterizan por ser pioneras, con una tasa de crecimiento relativamente rápida (Thiffault et al., 2006) adquisición rápida de recursos, tipo adquisitivo, baja concentración de lignina (Pazos et al., 2007) altos contenidos de N foliar y baja densidad de madera (Tecco et al., 1998) elementos clave de un síndrome adquisitivo de uso, retención y liberación de recursos (Díaz et al., 2004). En cambio, las **especies conservativas**.- son de sucesión tardía y crecimiento lento (Thiffault et al., 2006) poseen AFE baja, alta DM, hojas duras y pequeñas y bajo contenido de nutrientes. (Kühner y Kleyer 2008, Tecco et al., 1998).

### 2.3.5 Parcela permanente de muestreo, medición o monitoreo

El método de Parcelas Permanentes de muestreo, medición o monitoreo (PPM), fue desarrollado por la Universidad de Oxford (Dawkins 1958), en la actualidad es una herramienta de mucha utilidad para la investigación de los bosques tropicales, que proporciona información cuantitativa y cualitativa de gran utilidad para el manejo y la conservación de los bosques. (Contreras et al., 1999).

La evaluación y monitoreo de las PPM, permite conocer la composición de especies, estructura y dinámica del bosques, y relacionar estas observaciones con el suelo y el clima en la región de bosque amazónico, además la posibilidad de hacer observación a largo plazo permite descubrir cómo estos atributos de la comunidad cambian de un lugar a otro y lo que sucede en el tiempo, es decir la dinámica del bosque. (Alder y Synnott 1992).

Monge (1999) refiere que tres son las características indispensables dentro de un sistema de parcelas permanentes:

- Cada árbol debe ser identificado claramente por medio de marcas y números únicos, esta es la forma de detectar error de medición.
- Las parcelas deben ser homogéneas (mínima varianza dentro de las parcelas), su habilidad para cuantificar el recurso existente es irrelevante.
- No es necesario que las parcelas sean representativas o numéricas proporcionales a las áreas por tipo de bosque, pero es esencial que muestre todas las condiciones del sitio.

Una parcela de muestreo permanente se establece con el fin de que se mantenga indefinidamente en el bosque. Su adecuada demarcación, permite la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como la de cada planta ubicada en su interior, para efectuar observaciones periódicas. (Aguilar y Reynel 2011).

Los estudios demográficos a largo plazo realizados en parcelas permanentes proporcionan la información para formular sistemas de manejo eficientes de bosques naturales. También, estas parcelas son útiles para la elaboración de modelos de productividad, estrategias de manejo sostenible para la conservación de los bosques tropicales, valoración socioeconómica de los recursos procedentes del bosque y de bienes y servicios que se derivan o pueden derivarse de su utilización. (Londoño & Jiménez 1999; Phillips et al., 2016).

## **2.4 BASES EPISTEMOLÓGICAS O FILOSÓFICAS**

La filosofía de la ecología funcional, estudia los fundamentos filosóficos que explican los protocolos para la medición de los rasgos funcionales de la biodiversidad, entre ellas las plantas. Las clasificando las especies según sus características morfológicas o fisiológicas, y las estrategias de las plantas en función a las condiciones ambientales de estrés ambiental y perturbaciones, cada estrategia con rasgos funcionales particulares.

Mediante el estudio de la ecología funcional, permite identificar los rasgos funcionales de cada especie, útiles para tomar políticas y programas de conservación frente los riesgos ambientales que generará el cambio climático. Las grandes cuestiones de la filosofía de la ecología funcional y del tema de investigación en particular son, la epistemología, ontología y axiología ambiental.

### **2.4.1 Epistemología ambiental**

Las teorías científicas sobre ecología funcional y los riesgos ambientales causados por el cambio climático están trayendo consecuencias impredecibles en la naturaleza y la humanidad por cuanto requiere conocer lo siguiente:

#### **a) Conocimientos sobre la Ecología Funcional**

##### **1) Conocimiento científico de la Ecología Funcional**

Es la descripción y explicación a través de las teorías científicas de la ecología funcional como ciencia fáctica natural. La ecología basada en rasgos funcionales acopla en un único esquema conceptual la respuesta de las especies a la variación ambiental y su impacto en los procesos de los ecosistemas.

## **2) Conocimiento del rasgo funcional por aplicación operativa o práctica**

Tiene como función aplicar los principios, teorías y protocolos para convertirlas en oportunidades de conservación de las especies y ecosistemas para vivir en un ambiente saludable y que mejore las condiciones de vida, perdurable en el tiempo, producto de las decisiones de las comunidades del bosque, respetando valores intrínsecos de los ecosistemas, además de los servicios ecosistémicos que brinda a la sociedad, así como socioeconómicos, ambientales que conduzca a la conservación de la naturaleza y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la diversidad biológica sostenibles en el tiempo.

Este tipo de conocimiento corresponde exclusivamente a las decisiones técnicas y políticas que laboran en las instituciones públicas y privadas relacionadas a la conservación de la naturaleza y la biodiversidad.

## **3) Conocimiento de la ecología funcional por vivencia ordinaria**

Es la percepción de la sociedad sobre la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y los cambios del clima actual. Este conocimiento básico ordinario, es percibido como una parte fundamental de la vida cotidiana de la sociedad.

### **b) Respecto al problema de investigación propuesto**

Correspondió indagar sobre los siguientes tipos de conocimiento:

- 1) El conocimiento científico, es la descripción y explicación del efecto de los rasgos funcionales en condiciones de árboles en ecosistemas de bosques de montaña del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva- Tingo María.
- 2) El conocimiento por parte de los investigadores de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para resolver los problemas que ocasionan los riesgos ambientales del cambio climático y sus programas de adaptación.
- 3) El conocimiento de los parámetros de rasgos funcionales de los árboles y comportamiento a los riesgos ambientales generado por el cambio climáticos que afecta a la población; vale decir, cuál es la posición de la sociedad frente a los cambios del clima y sus consecuencias a los riesgos ambientales.

**c) Ontología ambiental**

La ontología de la ecología funcional se encarga de fijar los rasgos funcionales de los árboles, los ecosistemas y biodiversidad, el objeto de estudio de los rasgos funcionales, es decir, reflexionar filosóficamente de los problemas ontológicos de ecología funcional que tienen continuidad con los problemas científicos.

La filosofía de la investigación sobre los árboles y biodiversidad se enmarca en las ciencias fácticas naturales de la ecología funcional ya que son hechos reales. En cuanto al problema de investigación, corresponde conceptualizar la relación entre los parámetros rasgos funcionales de árboles de bosques de montaña, identificarla en bases a la densidad de la madera, diámetro del fuste del árbol y altura máxima del árbol, que serán materia de

1) El conocimiento científico, es la descripción y explicación del efecto de una reflexión filosófica respecto a la relación entre los parámetros de los rasgos funcionales con el comportamiento del cambio climático.

**d) Axiología ambiental**

La axiología ambiental aborda el problema de los valores y principios éticos de justicia, autonomía y benevolencia, en vista que la investigación involucra fenómenos de cambio climático, en bases a los rasgos funcionales de las plantas y ecosistemas; debido a que, en la actualidad se reconoce que la variedad de formas en que los organismos usan los recursos, así como las formas en que con su actividad estos transforman el ambiente, son componentes esenciales de la diversidad biológica clave para entender los mecanismos de ensamblaje de las comunidades y los procesos de los ecosistemas, información que proporciona para prever la adaptación de las especies y ecosistemas al cambio climático.

Es decir, aplicar los valores y principios éticos, ya que traicionar la confianza de la sociedad sería una violación de los principios de la ética y la moral. La preocupación mundial sobre los estudios de biodiversidad y ecosistema claves, permitirá tomar medidas de adaptación al cambio climático para así evitar los riesgos ambientales.

Respecto al problema de investigación, corresponde aplicar los principios éticos respecto al derecho de los responsables de la investigación en el Bosques Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María, a estar informado del propósito de la investigación, al momento de solicitar permiso, observar y cumplir con las reglas, normas de la institución y de respetar la decisión de aceptar o rechazar. Los datos serán tratados sin criterios de exclusión arbitraria con el fin de obtener información sin

alteraciones para posteriormente efectuar una crítica fundada y objetiva de los resultados y proponer programas de adaptación al cambio climático.



# CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA

### 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El área de investigación se localiza en el Bosques Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), ubicado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco (Figura 1). La extensión de la PPM es de 1 hectárea (100 m x 100 m) subdividida en 25 subpacerlas de 20 m x 20 m.

**Tabla 01.** Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) de la PPM N° 4 - BRUNAS.

Parcela	Altitud (msnm)	Coordenadas	
		Este	Norte
PPM	875	391560	8970320

PPM: Parcela permanente de medición



**Figura 01.** Mapa de ubicación de la PPM del BRUNAS.

### **3.1.1 Zona de vida y condiciones climáticas**

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge (1982), el distrito de Rupa Rupa se encuentra en bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh - PT) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la Selva Alta o Rupa Rupa, presenta una temperatura máxima 28,3 °C, mínima 24,6 °C y media 25,5 °C; precipitación promedio anual de 3,103 4 mm, humedad relativa de 85%.

El BRUNAS presenta una fisiografía dominante de colinas altas (clase 1 y 2), con altitudes que van desde 667 a los 1092 msnm (Puerta 2007), con relieve ondulado quebradizo, con pendientes que van de 20 a 80 %, presenta red de quebradas las mismas drenan al río Huallaga (Figura 1).

## **3. 2 POBLACIÓN**

La población en estudio ha estado constituido por árboles de bosque de montaña, > 10cm Dap, existente en 1 ha de parcela permanente de monitoreo del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria del Selva (BRUNAS).

## **3.3 MUESTRA**

La muestra ha estado constituida por 518 árboles de 1 ha de bosques de montaña el BRUNAS, para ello se utilizó el muestro no probabilístico o intencional, en base al protocolo internacional estandarizado del manual de campo para el establecimiento y remediación de parcelas permanentes. (Phillips et al., 2016).

### **3.4 NIVEL Y TIPO DE ESTUDIO**

#### **Nivel**

El nivel de estudio fue explicativo, el que permitió identificar tres rasgos funcionales de los árboles: DM, Dap y Hmax, y se clasificó según la estrategia adaptativa y conservativa de la especie.

#### **Tipo**

Tipo de investigación fue básica, se recurrió a la ciencia de Ecología Funcional para estudiar los rasgos funcionales de los árboles que favorecen la estrategia de conservación de especies a los riesgos ambientales en el Bosque Reservado UNAS-Tingo María.

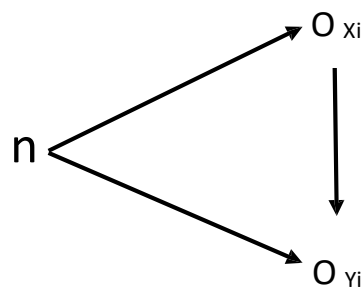
### **3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación ha tenido un enfoque cuantitativo y diseño no experimental de corte transversal y correlacional. Para tal fin, se tomó dato de los rasgos funcionales de los árboles, utilizando el protocolo internacional de la Red Amazónica de Inventarios Forestales (Phillips et al., 2016), para ello se estableció una parcela permanente de medición en bosque de montaña, de una hectárea (100 m x 100 m), subdivida en 25 sub parcelas de 20m x 20m.

La investigación fue diseño transversal, los datos de campo se evaluaron árboles mayores de 10cm de Dap (diámetro del fuste del árbol), en 25 sub parcelas. El diseño transversal describe la relación de los variables de los rasgos funcionales: densidad de la madera (DM), diámetro del fuste del árbol (Dap) y altura total del árbol (Hmax) en una población de 518 árboles de bosque de montaña del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

El diseño describe la relación de causalidad entre las variables rasgos funcionales DM, Dap y Hmax, en la parcela permanente en un momento

determinado del tiempo, en una muestra ( $n$ ) de árboles de bosque de montaña del BRUNAS. Se evaluó la presencia o ausencia de las variables de rasgo funcional y las estrategia de especies adaptativas y conservativas ( $V1$  y  $V2$ ), se relacionó causalmente a través de la especificación y estimación del modelo probabilístico de análisis descriptivo bivariado, para comparación las características de los rasgos funcionales de las especies de los árboles de bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales, BRUNAS Tingo María, 2018.



**Figura 2:** Diagrama de diseño transversal – causal.

Donde:

$n$  = Representa a la población de árboles de bosque de montaña

$O_{xi}$  = Evaluación de la variable de rasgos funcionales (DM, Dap y Hmax)

$O_{yi}$  = Evaluación de la variable especies conservativas y adaptativas

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### 3.6.1 Técnicas e instrumentos para la medición del rasgo funcional de los árboles de bosques de montaña del BRUNAS

Para cuantificar los rasgos funcionales de los árboles de bosques de montaña, se ha tomado la referencia de Cornelissen et al. (2003) y Fernández (2007) para seleccionar tres rasgos funcionales claves relacionados con la biomasa de un ecosistema: la densidad de madera (DM), el diámetro del fuste del árbol (dap) y la altura total del árbol (Hmax).

Cada árbol presente en una PPM de 1 ha, ha estado debidamente plaqueada e identificada en las 25 subparcelas, previamente se preparó un formato de campo, donde se anotó en el campo los datos obtenidos de las variables evaluadas de los rasgos funcionales de árboles. A continuación detalles de la evaluación de cada rasgo funcional.

### **3.6.1.1 Rasgo funcional densidad de la madera**

Para determinar la densidad ( $\rho$ ) de madera (DM) de cada especie de árbol existente en la PPM, se ha seguido la propuesta metodológica y la base de datos publicados por Chave et al. (2005), Zanne et al. (2009) y de Baker et al. (2004a), en caso de que alguna especie o género no estaba reportada en estas bases de datos, se empleó el promedio de género o de familia de la especie. Para las especies de árboles indeterminados taxonómicamente se empleó el promedio general de densidad (0,64) para los bosques tropicales reportados para América (Chave et al., 2005).

Para determinar la densidad básica de la madera se agrupó en 5 categorías de densidad, según la propuesta de Arostegui (2006):

- Grupo I Muy Baja (MB) : Densidad menor de 0,30 g/cm<sup>3</sup>
- Grupo II Baja (BA) : Densidad de 0,30 g/cm<sup>3</sup> a 0,40g/cm<sup>3</sup>
- Grupo III Media (ME) : Densidad de 0,41 g/cm<sup>3</sup> a 0,60 g/cm<sup>3</sup>
- Grupo IV Alta (AL) : Densidad de 0,61 g/cm<sup>3</sup> a 0,75 g/cm<sup>3</sup>
- Grupo V Muy Alta (MA) : Densidad mayor de 0,75 g/cm<sup>3</sup>.

Para agrupar a que estrategia de sobrevivencia de la planta, están vinculadas las especies forestales del BRUNAS, se ha tomado la propuesta de Cardoza (2011). Las especies forestales que presentaron densidad de madera mayor a 0,54 g/cm<sup>3</sup>, fueron clasificados como estrategia de especies "Conservativas" y los que

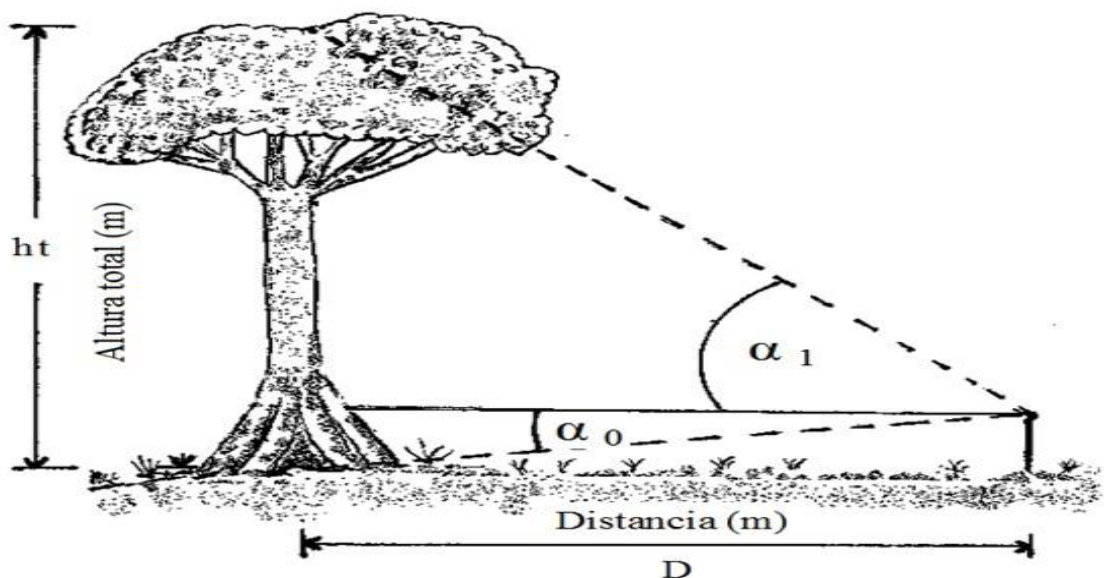
presentaron DM, menor a  $0,54 \text{ g/cm}^3$  en estrategia de especies “Adaptativas” o Adquisitivas”.

### 3.6.1.2 Rasgo funcional diámetro del fuste del árbol

Para evaluar el rasgo funcional diámetro del fuste del árbol (Dap), se procedió medir el diámetro de todos los árboles  $\geq 10 \text{ cm}$  Dap a la altura del pecho (1,30 m sobre el nivel del suelo), utilizando una cinta diamétrica. En los casos donde cambia el POM (punto óptimo de medida) se evaluó según estructura del árbol, para evitar deformaciones, aletas, acanalamiento, raíces zancos, rebrotes, etc. La distribución por clase diamétrica se ha considerado las siguientes clases: 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70-80cm y  $> 80\text{cm}$ .

### 3.6.1.3 Rasgo funcional altura total del árbol

Para la medición de la altura total del árbol (Hmax), se utilizó la distancia vertical desde la base hasta el ápice del árbol (Figura 3), con la ayuda de un clinómetro de Sunnto y una cinta métrica para establecer la distancia entre el árbol a distancia fija de 15 a 20 m de observación, luego se ha calculado la altura del árbol.



**Figura 3.** Medición de la altura de árboles

$$Ht = [d (\alpha_1 - \alpha_0) / 100\%]$$

Donde:

- Ht : Altura total
- $\alpha 0$  : Inclinación al pie del árbol en porcentaje
- $\alpha 1$  : Inclinación altura total del árbol en porcentaje
- d : Distancia

Para la medición de la altura total de cada uno de los árboles en las 25 subparcelas de la parcela permanente de monitoreo, se ha seguido el protocolo propuesto por Chave (2005), manual de campo para medición de la altura del árbol para árboles tropicales. Contando en una hoja de datos, donde se ha anotado:

- a) El número de la placa del árbol
- b) La distancia exacta del árbol (D) en metros: distancia de 15m para árboles de sotobosque o intermedios, y distancia de 20 metros para árboles emergentes.
- c) La lectura exacta de la altura  $\alpha 1$ , obtenida con el clinómetro.
- d) La lectura exacta  $\alpha 0$ , si el terreno no es llano, o si no se ha requerido ninguna medición en absoluto (indicando altura por defecto).

Para las calificar las categorías de altura total del árbol se utilizó los estratos arbóreos propuesto por Finegan et al. (1999), que considera la altura máxima del árbol cuando este alcanza la madurez reproductiva. Definiendo las siguientes categorías de estratos:

- a) Arbóreo inferior ( $\leq 4,9$  m)
- b) Arbóreo medio (5-24,9 m)
- c) Arbóreo superior (25-34,9 m)
- d) Emergente ( $> 35$  m).

### **3.6.2 Técnicas procesamiento y presentación de datos**

Luego de la recolección de datos en campo, se ordenaron y clasificaron según las variables determinadas en la investigación, para su correspondiente

análisis. El procesamiento e interpretación fue través del programa de computación, donde la densidad de la madera, diámetro del fuste del árbol (Dap) y la altura total del árbol Hmax) se muestran en cuadro de resultados.

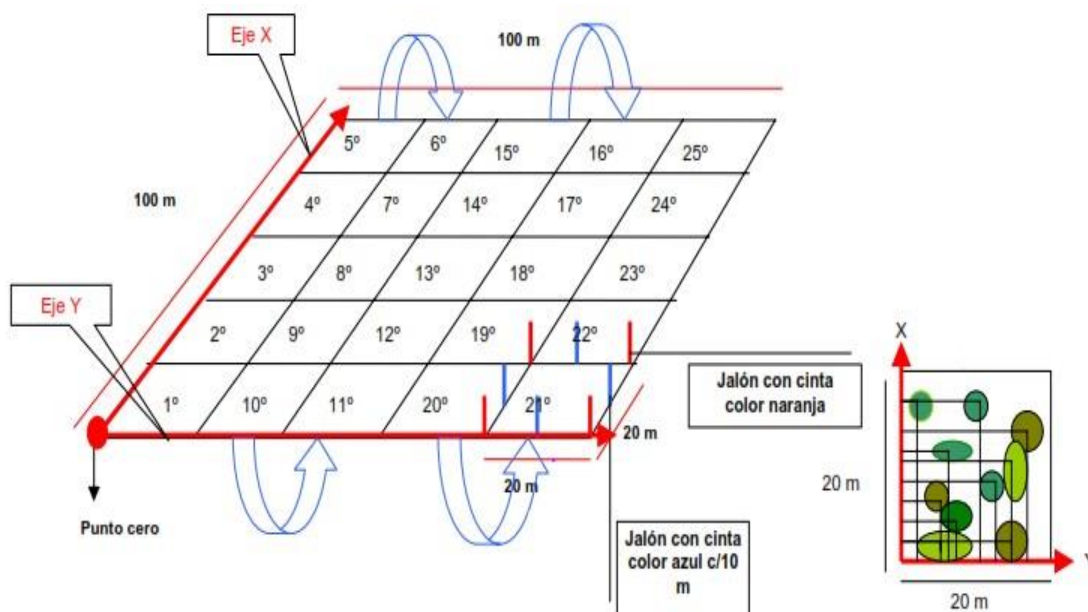
Para el análisis de los datos obtenidos se emplearon estadísticas como: Distribución de frecuencias, en base a: rasgo funcional DM, Dap y Hmax, obtenidos en base a los registros de valuación de los árboles > 10cm Dap, existente en la parcela permanente de medición de 1ha.

### 3. 7. PROCEDIMIENTO

Consistió en la remediación y toma de datos en la parcela permanente de medición del BRUNAS, ejecutando las actividades siguientes.

#### 3.7.1 Redelimitación de la PPM y evaluación de los árboles

Se siguió el protocolo de la Red Amazónica de Inventarios Forestales de RAINFOR (Phillips et al., 2016), evaluando todos los individuos  $\geq$  a 10 cm de diámetro (Dap), en una parcela de 100 x100m, con 25 subparcelas de 20 x 20m (Figura 2 y 3).



**Figura 4.** Diseño para el levantamiento de datos en parcelas permanentes



### **3.7.2 Muestreo e Identificación de los árboles**

Para la identificación de las especies existentes en la PPM se ha seguido el protocolo del Herbario Selva Central (HOXA) del Jardín Botánico de Missouri, que consistió coleccionar el material botánico con el especialista, luego enviado al Herbario Selva Central (HOXA) del Jardín Botánico de Missouri – Perú, ubicado en la ciudad de Oxapampa. Esta identificación realizó en el año 2016 por Shareva. (2016).

Los especialistas científico botánico que colaboran fueron Ing. Rodolfo Vásquez curador del Jardín Botánico de Missouri-Perú. Blgo. Msc. Abel Monteagudo investigador de RAINFOR, Jardín Botánico de Missouri-Perú e Ing. Soto Shareva, Yahn Carlos especialista en identificación de especies forestales. Luego de identificación los ejemplares coleccionados, se elaboró una base de datos de las especies de árboles existentes en la PPM, los géneros y familias fueron ordenados bajo el sistema de clasificación filogenética Grupos de Plantas Angiospermas, APG III.

### **3.7.3 Plaqueado y numeración de árboles**

Se colocó una placa de aluminio (2,5 x 9 cm), a 30 cm por encima o debajo del punto óptimo de medición (POM), numeradas correlativamente en cada subparcela y asegurada con clavos de aluminio. Los árboles fueron numerados sistemáticamente, moviéndose alrededor de cada subparcela, cerrando con el último árbol plaqueado y empezando la próxima subparcela, golpeando ligeramente el clavo en un ángulo hacia abajo tanto que pueda penetrar la corteza.

### **3.7.4 Medición de los árboles**

En 25 subparcela de 20 x 20m, se evaluó los rasgos funcionales de cada árbol  $\geq 10$  cm de dap (1,30 m sobre el nivel del suelo), siguiendo el protocolo de Phillips et al. (2016). El diámetro del fuste del árbol se midió con una cinta diamétrica, y para la altura total del árbol se utilizó clinómetro de Sunnto.

### **3.8 PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

Luego de la recolección de datos en campo, se ordenaron y clasificaron según las variables determinadas en la investigación, para su correspondiente análisis. El procesamiento e interpretación fue través del programa de computación, donde la densidad de la madera, el diámetro del fuste del árbol y la altura total del árbol se muestran en cuadro de resultados.

Para el análisis de los datos obtenidos se emplearon distribución de frecuencias, en base a:

- Rasgo funcional densidad de madera
- Rasgo funcional diámetro del fuste del árbol
- Rasgo funcional altura total del árbol

Obtenidos en base a los registros de valuación de los árboles existentes en la parcela permanente de medición de una hectárea.

## CAPITULO IV RESULTADOS

### Y DISCUSIÓN

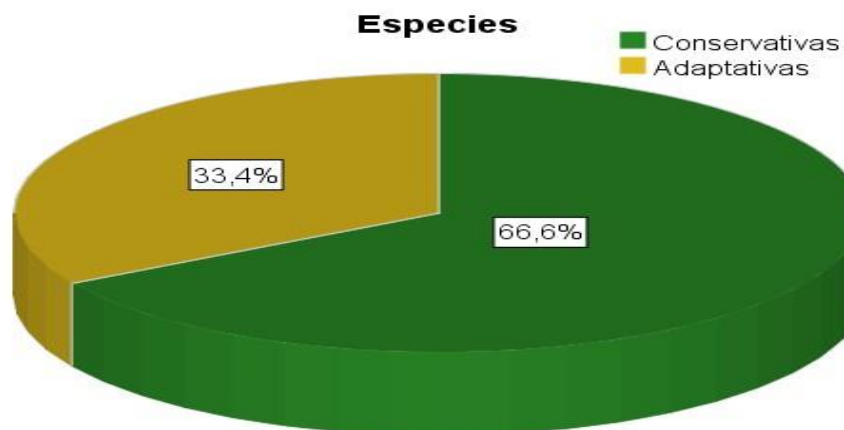
#### 4.1 ANALISIS DESCRIPTIVO

##### 4.1.1 Densidad de la madera como estrategia de conservación de especies adaptativas (adquisitivas) y conservativas

**Tabla 02.** Especies de árboles de la estrategia conservativa y adaptativa en el BRUNAS, según la densidad básica de madera.

Especies	Frecuencia	Porcentaje
Conservativas	345	66,6
Adaptativas	173	33,4
Total	518	100,0

**Fuente:** Base de datos, Chave et al (2005), Zanne et al. (2009) y Baker et al. (2004<sup>a</sup>)



**Figura 05.** Presencia de especies de la estrategia conservativa y adaptativa en el BRUNAS.

Según la densidad básica de la madera, se ha determinado de 518 árboles de montaña del Bosque Reservado Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) Tingo María, el 66,6% (345) pertenecen al grupo de especies conservativas (densidad mayor de 54 g/cm<sup>3</sup>); mientras que 33,4% (173) se agrupan en especies adaptativas o adquisitivas (densidad menor de 54 g/cm<sup>3</sup>), en su gran mayoría son especies conservativas; es decir, de cada 10 árboles, 6,6 pertenecen a la especie conservativa.

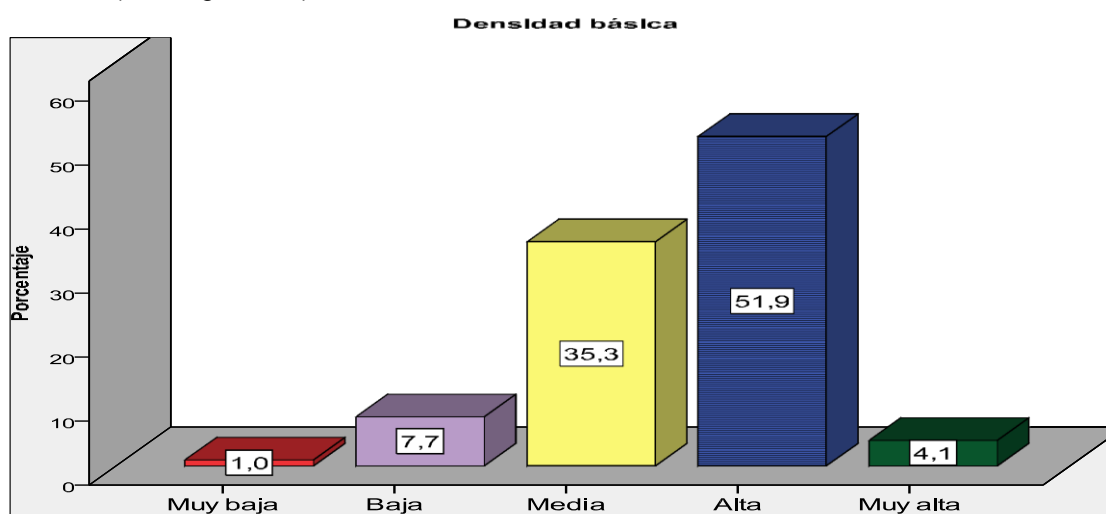
#### 4.1.1.1 Especies de árboles y densidad básica de la madera

En la parcela permanente de 1 ha del BRUNAS, se ha evaluado árboles > 10cm de Dap, encontrando 518 árboles, de ello el 51,9% (269) se encuentran en la categoría de densidad básica alta, seguida de 35,3% densidad media, 7,7% densidad baja, 4,1% densidad muy alta y 1,0% densidad muy baja; es decir, de cada 10 árboles, 9 presentan 0,41 a > 0,75 g/cm<sup>3</sup> de densidad (Tabla 3 y figura 4).

**Tabla 03.** Densidad básica de las especies forestales de bosque de montaña del BRUNAS Tingo María.

Densidad básica	(g/cm <sup>3</sup> )	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy alta	> 0,75	21	4,1	4,1
Alta	0,61 – 0,75	269	51,9	56,0
Media	0,41 – 0,6	183	35,3	91,3
Baja	0,3 – 0,4	40	7,7	99,0
Muy baja	< 0,30	5	1,0	100,0
Total		518	100,0	

**Fuente:** Base de datos: Chave et al. (2005), Zanne et al. (2009) y Baker et al. (2004<sup>a</sup>), categoría densidad (Aróstegui 2006).



**Figura 06.** Categoría densidad básica de las especies forestales del BRUNAS.

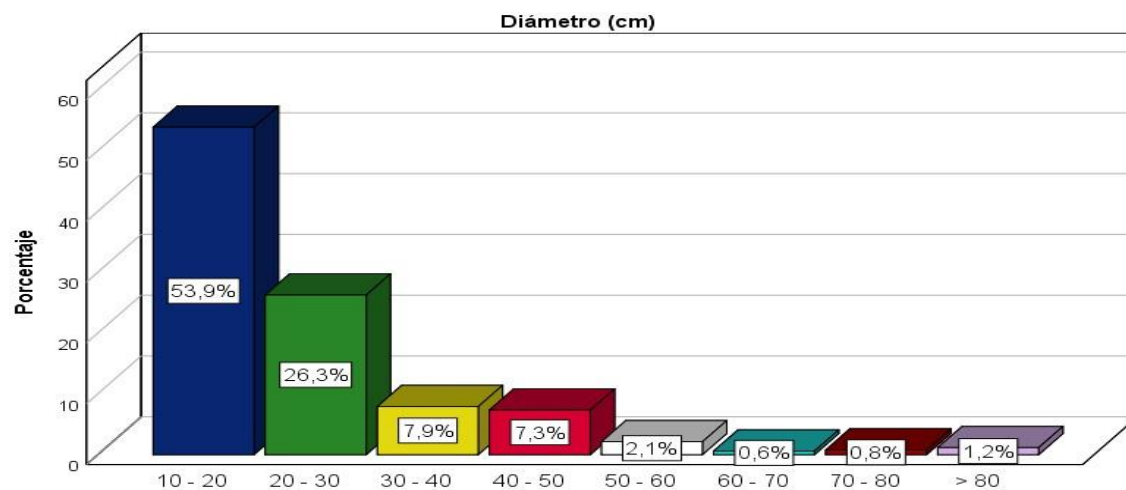
#### 4.1.2 Diámetro del fuste del árbol como estrategia de conservación de especies adquisitivas y conservativas

En la parcela permanente del BRUNAS, en bosque de montaña, de 518 árboles registrados, según el rasgo funcional Dap (cm), el 53,9% de árboles se encuentran entre 10 a 20 cm de Dap, disminuyendo mientras incrementa el Dap; en términos porcentuales, son más pronunciadas hasta los 50 a 60 cm de Dap, en adelante las variaciones de la cantidad de individuos son mínimos, muestra una distribución diamétrica “J invertida” (Figura 7).

**Tabla 04.** Diámetro de los árboles de montaña del BRUNAS Tingo María.

Diámetro (cm)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
10 – 20	279	53,9	53,9
20 – 30	136	26,3	80,1
30 – 40	41	7,9	88,0
40 – 50	38	7,3	95,4
50 – 60	11	2,1	97,5
60 – 70	3	0,6	98,1
70 – 80	4	0,8	98,8
> 80	6	1,2	100,0
Total	518	100,0	

**Fuente:** Evaluación de campo con cinta diamétrica



**Figura 07.** Distribución por clases diamétricas los árboles de bosque de montaña del BRUNAS Tingo María.

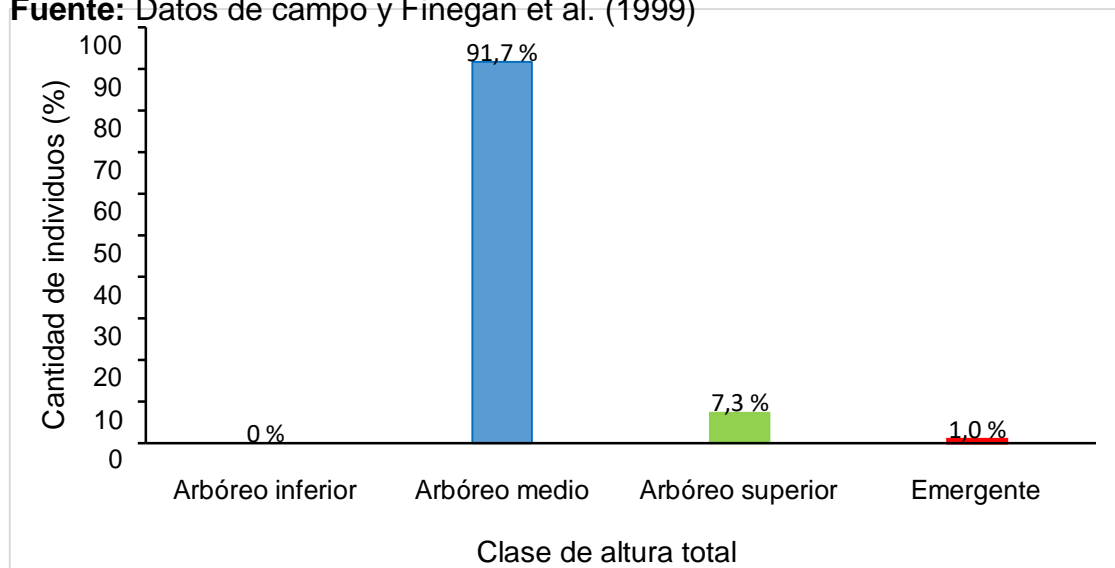
#### 4.1.3 Altura total del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas

En el rasgo funcional altura máxima del árbol (Hmax), de una población de 518 árboles registrados en la parcela permanente de medición del BRUNAS, el 91,7% (475) se encuentran en el estrato arbóreo medio, seguido 7,3%(38) estrato arbóreo superior y 1,0% estrato arbóreo emergente y ningún árbol en el estrato arbóreo inferior (< 4,9 m) (Tabla 05 y Figura 08).

**Tabla 05.** Altura de los árboles de bosque de montaña del BRUNAS Tingo María.

Altura (m)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Arbóreo inferior <4,9 m	0	0,0	0,0
Arbóreo medio 5 – 24,9	475	91,7	91,7
Arbóreo superior 25 – 34,9	38	7,3	99,0
Emergente > 35	5	1,0	100,0
Total	518	100,0	

**Fuente:** Datos de campo y Finegan et al. (1999)



**Figura 08.** Distribución por estrato arbóreo los árboles de bosque de montaña del BRUNAS Tingo María.

Analizando la presencia de los árboles en cada estrato arbóreo del bosque Reservado UNAS-Tingo María, se ha encontrado el 99,7% de árboles están presentes entre 5 - 34,9 m de altura; es decir, de cada 10 árboles, 9 corresponden a este estrato arbóreo.

## 4.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO BIVARIADO

### 4.2.1 Contrastación de la hipótesis, la densidad madera si favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas

**Tabla 06.** Comparación de las características del rasgo funcional densidad de la madera de árboles del bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales.

Rasgo funcional	Especies	Nº	Media	DM	DEE	IC <sub>95%</sub>		t	gl	p valor
						Li	Ls			
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Conservativas	345	0,67	0,24	0,01	0,23	0,25	40,8	516	0,000
	Adaptativas	173	0,43							

**Fuente:** base de datos Chave et al (2005), Zanne et al. (2009) y Baker et al. (2004<sup>a</sup>)

**DM:** diferencia de medias

**DEE:** diferencia de error estándar

**IC:** intervalo de confianza

Al realizar el análisis y contrastación del rasgo funcional densidad de madera (DM) de los árboles de bosque de montaña, que favorecen la estrategia de conservación de especies a riesgos ambientales, se determinó de una población de 518 árboles, la densidad básica promedio de 345 árboles que pertenecen a la estrategia de especies conservativas fue 0,67 g/cm<sup>3</sup>, y de 173 árboles comprendidos en la estrategia de especies adaptativas fue 0,43 g/cm<sup>3</sup>; la media de las diferencias fue 0,24 ± 0,01g/cm<sup>3</sup>, en posteriores estudios similares la media de diferencias estará comprendido entre 0,23 a 0,25 g/cm<sup>3</sup>.

Esta media de las diferencias de la densidad básica se contrastó con la prueba t de student para muestras independientes, la t obtenida fue 40,8 y p valor 0,000 (p < 0,05); por lo que con una probabilidad de error de 0,0%, la densidad de la madera favorece a la estrategia de conservación de las especies conservativas.

#### 4.2.2 Contrastación de la hipótesis, si el diámetro del árbol favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas

**Tabla 07.** Comparación de las características del rasgo funcional diámetro del árbol de bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales.

Rasgo funcional	Especies	Nº	Media	DM	DEE	IC <sub>95%</sub>		t	gl	p valor
						Li	Ls			
Diámetro (cm)	Conservativas	345	21,34	6,74	1,32	4,14	9,34	5,1	516	0,000
	Adaptativas	173	28,08							

**Fuente:** base de datos Chave et al (2005), Zanne et al. (2009) y Baker et al. (2004<sup>a</sup>)

**DM:** diferencia de medias

**DEE:** diferencia de error estándar

**IC:** intervalo de confianza

El rasgo funcional diámetro (Dap) promedio de 345 árboles agrupados en la estrategia de especies conservativas fue 21,34m, y de 173 árboles que corresponden a la estrategia de especies adaptativas fue 28,08 m; la media de diferencias fue  $6,74 \pm 1,32$  cm, en posteriores estudios similares la media de diferencias estará comprendido entre 4,14 a 9,34 cm.

La media de diferencias del diámetro del fuste del árbol (Dap), se contrastó con la prueba t de student para muestras independientes, la t obtenida fue 5,1 y p valor 0,000 ( $p < 0,05$ ); por lo que con una probabilidad de error de 0,0%, el diámetro del fuste del árbol, favorece a la estrategia de conservación de las especies adaptativas, mientras tanto las especies de árboles conservativas están en proceso de maduración en el Bosque Reservado UNAS Tingo María.



#### 4.2.3 Contrastación de la hipótesis, si la altura total del árbol favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas

**Tabla 08.** Comparación de las características del rasgo funcional altura total del árbol de bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación a riesgos ambientales.

Características	Especies	Nº	Media	DM	DEE	IC <sub>95%</sub>		t	gl	p valor
						Li	Ls			
Altura (m)	Conservativas	345	17,55	1,35	0,48	0,41	2,29	2,8	516	0,005
	Adaptativas	173	18,90							

**Fuente:** base de datos Chave et al (2005), Baker et al. (2004<sup>a</sup>) y Zanne et al et al. (2009)

**DM:** diferencia de medias

**DEE:** diferencia de error estándar

**IC:** intervalo de confianza

El rasgo funcional altura máxima del árbol (Hmax) promedio de las 345 árboles que corresponden a la estrategia de especies conservativas fue 17,55 m, y de las 173 árboles agrupadas en estrategia de especies adaptativas fue 18,90 m. La media de diferencias fue  $1,35 \pm 0,48$  m, en posteriores estudios similares la media de diferencias estará comprendido entre 2,29 a 2,8 m.

La media de diferencia de la altura máxima del árbol (Hmax) se contrastó con la prueba t de student para muestras independientes, la t obtenida fue 2,8 y p valor 0,005 ( $p < 0,05$ ); por lo que con una probabilidad de error de 0,5%, la altura total del árbol, favorece a la estrategia de conservación de las especies adaptativas, mientras tanto las especies conservativas del bosque de montaña del BRUNAS Tingo María, están en un proceso de sucesión ecológica en maduración y aumentará con la edad de la sucesión.

### **4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.3.1 Densidad de la madera como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas**

En ecosistemas de bosque de montaña de Tingo María-Perú, a 875 msnm, en una parcela permanente de medición de 1ha, se ha determinado 518 árboles, distribuidos en 116 especies de árboles, distribuidos en 38 familias, 93 géneros. Contrastando con lo reportado por Perea (2005), a 3200 msnm, en el Parque Nacional Yanachaga – Chemillen, provincia de Oxapampa, Departamento de Pasco, en una parcela permanente de 1ha, determinó 542 individuos, 40 especies, 20 géneros y 18 familias.

En cambio, Roeder (2004) en un bosque de terrazas en el Alto Mayo – San Martín a 870 msnm, reporta 33 familias, 61 géneros, 131 especies y 552 individuos. Por su parte Uretra (2009) en bosque montano del Parque Nacional Yanachaga Chemillén – Oxapampa a 410 msnm, reporta 36 familias, 176 especies y 528 individuos. Así mismo, Rivera (2007) en bosque montano Kosñipata – Cusco, desde los 2800 – 2900 msnm., reporta 20 familias, 28 géneros, 68 especies y 709 individuos.

Nina (2014), en bosque nublado del Parque Nacional del Manu, en parcelas de permanentes de monitoreo de 1 ha, en el sector conocido como Trocha Unión en el distrito de Q'osñipata a 3 450 y 2 750 m de altitud, identificó 43 especies arbóreas correspondientes a 22 géneros y 20 familias; y a los 2750m, 85 especies arbóreas distribuidas en 34 géneros y 26 familias.

Esta variación en número de especies, familias, géneros y número de individuos por ecosistema, obedece según Rabinowitz et al. (1986), las especies pueden ser raras por diferentes razones: pueden ocurrir solamente en ciertos

hábitats (condiciones de hábitat); pueden localizarse en pequeñas áreas (rango geográfico) y pueden tener una abundancia muy baja (tamaño de la población).

En cambio, Hubbell y Foster (1986) considera que la especialización con respecto a las condiciones de hábitat, son necesidades específicas las condiciones ambientales para una regeneración exitosa; además, algunas zonas de bosque son únicas para especies endémicas, como el reportado por Rivera (2007) para bosques de Montano de Kosñepata-Cusco, encontró de 68 especies identificadas, 5 de ellas se encuentran dentro de las especies endémicas para el país, registrado en el libro de rojo de plantas endémicas del Perú, citada por Blanca León et al (2006).

Diversas investigaciones señalan que existe influencia de los factores ambientales y la edad de los ecosistemas en sucesión ecológica, para la diversidad de especie; así mismo, la diversidad de estos bosques disminuye al incrementarse la elevación por encima de los 1 500 m., debajo de este límite, los bosques montanos son tan diversos como los de tierras bajas y presentan patrones de composición florística similares a éstos. (Gentry 1995).

Bajo este contexto de investigaciones, en el presente estudio al determinar el rasgo funcional densidad de la madera (DM) y su relación con la estrategia especies conservativas y adaptativas, se ha encontrado de 518 árboles, el 66,6% (324) corresponden a la estrategia de especies conservativas (especies de árboles con densidad mayor  $54 \text{ g/cm}^3$ ) y un 37,5% (194) en la estrategia de especies adaptativas o adquisitiva (especies de árboles con densidad menor de  $54 \text{ g/cm}^3$ ).

La presencia de especies conservativas y adaptativas en ecosistemas de bosque de montaña de Tingo María, muestra que pueden coexistir en el mismo sitio, mostrando similaridad a procesos de cambios en el ambiente y perturbación (Kühner y Kleyer 2008). Se sabe que existe variación la DM entre individuos de la

misma y diferente edad (Williamson y Wismann 2010), se supone que esta variación no será importante para la especie a nivel de la comunidad.

A analizar la presencia de especies de árboles por clase de densidad básica, se ha determinado que existe el 51,9% de especies en alta densidad (0,61 a 0,75 g/cm<sup>3</sup>), seguida 35,3% en densidad media (0,41 – 0,60 g/cm<sup>3</sup>), 7,7% densidad baja (0,3 – 0,4 g/cm<sup>3</sup>), 4,1% densidad muy alta (>0,75 g/cm<sup>3</sup>) y 1% densidad muy baja (<0,30 g/cm<sup>3</sup>).

Estas cifras reflejan que en la PPM del BRUNAS, existe mayor dominancia de especies de madera dura (densidad alta y muy alta) que corresponden a la estrategia de especies conservativas. Al respecto, las investigaciones señalan que la densidad de la madera es clave en la determinación de las estrategias de adquisición de luz por parte de las especies arbóreas en el contexto de hipótesis de la DE, conocida como “espectro de la economía de la madera” (Chave et al., 2009), se espera que las especies de árboles que se establecen y persistan en los primeros estadios sucesionales, persistan, en promedio maderas blancas (especies de estrategia adaptativa), las cuales serían reemplazadas por especies de maderas duras (especies de estrategia conservativa) a medida que avanza la sucesión. En consecuencia, la variación entre especies de este rasgo funcional tendrá a aumentar con la edad de la sucesión.

Bajo esta teoría Vanesa (2013) al evaluar DM en 4 tipos de bosque en sucesión, encontró el promedio de DM aumentó de manera asintótica con la edad del abandono hacia los valores observados en los bosques maduros; además, el promedio de DM de los bosques secundarios de mayor edad fue aún menor que en los bosques maduros. En general, todas las categorías sucesionales secundarias mostraron frecuencia alta en torno a valores intermedio de DM, de manera

excepcional, entre 10 y 12 años de abandono se observó un porcentaje alto de especies con maderas relativamente duras. (Vanessa 2013).

Alta densidad de madera se encuentra a menudo en ambientes con presencia de factores que generan estrés en las plantas: baja radiación solar, viento, bajas temperaturas, abundancia de hongos descomponedores de madera y baja fertilidad del suelo (Chave et al., 2006). En cambio Ruiz (2013), refiere que la densidad de madera influye en la cantidad de carbono fijado y está inversamente relacionada a la tasa de crecimiento, mortalidad y tiempo de reproducción, especies con baja densidad de madera son por lo general especies oportunistas de claros en el bosque, de crecimiento rápido, con menor resistencia mecánica y a menudo de gran estatura. (Zanne 2009).

Por su parte Ruiz (2013) encontró, en un grupo netamente conservativo que domina los bosques a altitudes mayores, las especies crecen lentamente debido a restricciones en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido en parte a las bajas temperaturas. Estudios de Chave et al. (2006) realizados en Guyana, precisa que, aparentemente la baja fertilidad de los suelos, junto con la sequía estacional promueve muy bajas tasas de crecimiento y alta densidad de la madera. (Steege et al., 2006).

Bermeo (2010), cita en general, especies de maderas blandas (DM baja) tienden a ser de crecimiento rápido y corta vida (estrategia adquisitiva), especies de maderas duras son especies que almacenan asimilando fotosintéticos en estructuras de larga vida, como los tallos y raíces, por eso crecen poco pero permanecen vivas más tiempo (estrategia conservativa).

Las investigaciones señalan que en las edades iniciales de la sucesión, donde la disponibilidad de recursos lumínicos es elevado, las especies presentes tuvieron mayoritariamente maderas blancas, caracterizada por un rápido crecimiento y

mortalidad alta, mientras que en las edades avanzadas de la sucesión, donde los recursos lumínicos son limitados, las especies presentes fueron mayoritariamente de maderas duras, caracterizado por tasas de supervivencia alta y un crecimiento lento. (Pooter et al., 2008; Chave et al., 2009).

Como resultado, los árboles de madera blanca poseen tasas altas de fotosíntesis y de crecimiento (Pooter et al., 2010), lo contrario es las características de maderas duras limitan la capacidad de transporte de agua y, las tasas de fotosíntesis y de crecimiento. De este modo, las propiedades de la madera influyen en la interceptación de luz, en la ganancia de carbono y en el crecimiento de los árboles. (Pooter et al., 2010).

Es necesario precisar, que en condiciones de bosques de montaña de selva alta peruana, principalmente en el tramo Tingo María y la cordillera de Carpish, es probablemente los ecosistemas menos estudiados y conocidos desde el punto de vista de rasgos funcionales de la vegetación arbórea, pero también es el más afectada (perturbada) por la tala del bosque para uso agrícola, luego de un corto tiempo de uso con diversos cultivos, es abandonada, de tal forma los ecosistemas han quedado separados o fragmentados, con el pasar el tiempo han quedado aislados, debido a la gran distancia de separación a otros bosque remanentes, donde la influencia de los cambios físicos y biogeográficos modifica el tamaño, la forma y la posición del remanente. (Cardoza 2011).

Sobre las consecuencias de las perturbaciones drásticas a los ecosistemas de bosques de montaña, diversas investigaciones señalan que estos bosques pasan a un proceso la degradación y consecuente pérdida de especies raras por las siguientes razones: *a*) pueden ocurrir solamente en ciertos hábitats (condiciones de hábitat); *b*) pueden localizarse en pequeñas áreas (rango geográfico) y *c*) pueden tener una abundancia muy baja (tamaño de la población). Además señalan

del porque las especies arbóreas son escasas, es por su especialización con respecto a condiciones de hábitat, necesidades específicas de condiciones ambientales para una regeneración exitosa. (Rabinowitz et al., 1986; Hubbell y Foster 1986)

Los resultados obtenidos en la presente investigación, el 51,9% presentan alta densidad, 35,3% densidad media y 4,1% densidad muy alta, alcanzando un 91,3% de árboles se encuentran en la categoría de densidad media, alta y muy alta. Al contrastar estos resultados, con la investigación en estructura, composición florística y diversidad funcional de los bosques del Parque Nacional Montecristo, en el occidente-norte de El Salvador, realizado por Cardoza (2011), encontró en el rasgo funcional densidad de la madera (DM), de 183 especies de árboles, un 44,4% de las especies registradas pertenecieron a la categoría densidad mediana ( $0,41-0,59\text{g/cm}^3$ ), le siguieron un 30,2% en la categorías alta ( $0,60-0,73\text{g/cm}^3$ ), 17,4% en muy alta ( $\geq 0,73\text{g/cm}^3$ ) y 7,9% en la categoría de densidad baja ( $\leq 0,40\text{g/cm}^3$ ).

#### **4.3.2 Diámetro del fuste del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas**

De los 518 individuos(árboles) registrados en la parcela permanente de medición del BRUNAS, según las categorías de rasgo funcional de Dap (cm), evaluado  $> 10$  cm, hasta  $> 80$ cm, muestra una forma de distribución de “J invertida” característico de bosque tropical, con mayor presencia de especies conservativas, que toleran sombra (esciófitas), indicador de que hay abundancia de regeneración dentro del bosque, por la alta diversidad de especies y un alto grado de complejidad en los procesos ecosistémicos.

Se ha registrado en el rango 10 - 20 cm de Dap, más de la mitad de los árboles (53,9%), en la clase diamétrica de 20-30 cm, concentra 26,3% de árboles, seguido de 30-340 cm (7,9%), 40-50 cm (7,3%), 50-60cm (2,1%), en términos porcentuales,

son más pronunciadas hasta los 50 a 60 cm de Dap, en adelante las variaciones de la cantidad de individuos son mínimas.

Comparando los resultados obtenidos en el bosque de montaña del BRUNAS", como lo reportado por Cardoza (2011), para bosques del Parque Nacional de Montecristo, entre 790 hasta 2 418 msnm, ubicado en el occidente-norte de El Salvador, encuentra concentración de mayor cantidad de individuos en las clases diamétricas menores (10-29 cm) para cuatro tipos de bosques, representando para esta clase el 60 % de todos los individuos, la clase diamétrica de 20-29 y 30-39 cm concentraron casi el 30% de todos los individuos y a partir de la clase 40-49 cm se observa que son muy escasos los individuos.

Rivera (2018), al evaluar la composición florística y análisis de diversidad arbórea en un área de bosque montano en el Centro de Investigación Wayqecha, Kosñipata Cusco, encuentra la clase diamétrica más representativa en la parcela permanente, fue de 10 a 19 cm, con 486 individuos, el segundo orden en clase diamétrica con mayor abundancia de individuos es el de 20 a 29 cm. observó que a mayor rango en diámetro de las especies, menor es el número de los individuos.

En cambio Roider (2004), al evaluar diversidad y composición florística de un área de bosque de terrazas en la comunidad nativa Aguaruna Huascayacu, en Alto mayo, San Martín-Perú, encontró el 64,88% (266 individuos) distribuidos en la primera clase diamétrica (rango 10-19,9cm), y en la última clase (80 a 120cm), sólo encontró 3 individuos, de los 410 presentes en la parcela de 1ha. Ambos estudios, coinciden en la distribución diamétrica de "J invertida", tal como se ha encontrado en el BRUNAS, con mayor presencia de especies en los rangos 10-20cm y 20-30cm de Dap.

Diversos estudios señalan la estructura disetanea del bosque, es considerada como la mejor garantía de la supervivencia, toda vez que los individuos de



diámetros superiores mueren ocasionalmente y son sustituidos por individuos de las categorías diamétricas inferiores (Roider, 2004). Al respecto Clark y Clark (1984) afirma que la mayoría de las especies de los bosques tropicales son en algún sentido dependientes de la apertura de claros, en la medida en que requieren para su crecimiento y reproducción de niveles lumínicos mejorados, y muestran respuestas positivas en crecimiento a la apertura del dosel, que su vez genera dinámica de sucesiones en el bosque.

Esta situación de la dinámica, es lo que Vanesa (2013) indica, en edades avanzadas de la sucesión, donde los recursos lumínicos son limitados, las especies presentes mayoritariamente son maderas duras, caracterizado por tasas de supervivencia alta y un crecimiento lento. (Pooter et al., 2008; Chave 2009).

Salgado (2007) cita, que un componente de la estabilidad ecológica es la resiliencia, que significa la velocidad con que un ecosistema retorna su estado original después de una perturbación (Stone et al., 1996). La resiliencia y resistencia de los ecosistemas están fuertemente influenciadas por los rasgos de las especies de plantas dominantes; por ejemplo, comunidades de rápido crecimiento tienden a tener mayor resiliencia y menor resistencia, y lo opuesto se observa en las comunidades dominadas por especies de crecimiento lento. (Díaz y Cabido, 2001).

#### **4.3.3 Altura máxima del árbol como estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas**

Al analizar y evaluar, el rasgo funcional altura máxima del árbol ( $H_{max}$ ) por estrato arbóreo, se ha encontrado mayor cantidad de árboles (475), en la categoría de estrato arbóreo medio (5 - 24,9 m) que representa 91,7% del total de individuos evaluados en la PPM; seguido de 7,3% de árboles en el estrato arbóreo superior

(25-34,9m), y 1,0% en el estrato arbóreo emergente (> de 35m), y ningún árbol en la categoría estrato arbóreo inferior (< de 4,9m).

Similares resultados encontró Córdova (2011) en bosque nublado del Parque Nacional de Montecristo, El Salvador, a nivel de 2 040-2 368 msnm, de 1,111 individuos, encontró para el rasgo de altura máxima de la planta, el 71,4 % de las especies registradas pertenecieron al estrato arbóreo medio, le siguieron en orden descendente el estratos arbóreo superior (19.1%) y emergente (9,5%), y para el arbóreo inferior no registró ninguna especie.

En el presente estudio, al analizar la relación de la presencia de especies conservativas y adquisitivas, el 66,6% de árboles se encuentran en la estrategia de especies conservativas (consideradas densidad de madera mayor a  $0,54 \text{ g/cm}^3$ ) y 33,4% en la estrategia de especies adaptativas o adquisitiva (consideradas densidad de madera menor de  $0,54 \text{ g/cm}^3$ ). Estos indicadores confirman que el bosque reservado de la UNAS se encuentra en una fase avanzada de sucesión, con notoria presencia mayor de especies de densidad alta, luego de que el bosque reservado de la UNAS fuera intervenida antes de década del 40.

Similar resultado encontró Vanesa (2013) al estudiar la densidad de madera (DM) en 5 sitios de bosque maduro en la región Marques de Comilla, Chiapas, donde la DM aumento con la edad de abandono, aproximándose a los valores encontrados en el bosque maduro, por lo que precisa que sus resultados concuerdan con el aumento en la DM esperado en especies de lento crecimiento, según la teoría del espectro de la economía de la madera.

Esta teoría explica la disyuntiva entre asignar preferentemente recursos al aumento de la habilidad competitiva (incrementando el crecimiento en altura y diámetro del tallo) a través de la construcción de tejidos de bajo costo (Chave et al., 2009) y asignar preferente recursos al aumento de la supervivencia (elaborando

estructuras y compuestos químicos de alto costo), los .cuales funcionan como defensas contra patógenos y plagas. (Cornelissen et al., 2003, Chave et al., 2006, Van Geider et al., 2006, Chave et al., 2009, Easdale et al., 2007).

Chave et al. (2009) refiere la densidad de la madera también es clave en la determinación de las estrategias de adquisición de luz como parte de las especies arbóreas. En este contexto de la hipótesis de la dimensión ecológica (DE) conocida como “**espectro de la economía de la madera**”, espera que las especies de árboles que se establecen y persisten en los primeros estadios sucesionales presenten, en promedio, maderas blancas (densidad baja), las cuales serían reemplazadas por especies con madera duras a medida que avanza la sucesión.

En la actualidad el bosque reservado UNAS, pasa un proceso de avanzada sucesión ecológica, con presencia menor de maderas blancas (densidad baja) luego de la perturbación (formación de claros por la muerte de un árbol grande) dentro del bosque. Muestra de este estado, es la presencia de especies de maderas blancas (densidad  $< 30 \text{ g/cm}^3$ ): *Apeiba membranacea*, *Jacaratia digitata* y *Tapiria obtusa*, seguido de maderas densidad entre  $0,30 \text{ g/cm}^3$  a  $0,40 \text{ g/cm}^3$ : *Ficus máxima*, *Alchornea glandulosa*, *Schizocalyx peruvianu*, *Otoba glycyarpa*, *Cecropia sciadophylla*, *Protium decandrum*, *Croton tessmannii*, *Pourouma minor*.

En consecuencia en el BRUNAS, con el pasar del tiempo al aumentar la edad sucesional, existirá la variación de estas especies de este rasgo funcional adaptativa a mayor presencia del rasgo funcional conservativa, tal como reporta Vanesa (2013) al evaluar la sucesión ecológica en bosques tropicales secundarios en la región de Marqués de Comullas, Chiapas-México, en condiciones de promedio anual de lluvias cercano a 3 000 mm y temperatura media anual arriba de  $24^\circ\text{C}$ , encontró que la DM aumentó asintóticamente con el tiempo de abandono,

donde los valores de bosques secundarios con mayor edad estuvieron por debajo de lo observado en el bosque maduro.

Vaneza (2013), explica para el caso de los bosques tropicales, el aumento del rasgo funcional conservativa incrementa a medida que avanza la sucesión del bosque, donde la energía lumínica proveniente del sol es considerada un recurso clave y los cambios en los niveles lumínicos son determinantes para el crecimiento y desarrollo de los árboles. Tal es así, que después de un sitio perturbado es abandonado, las alturas del dosel y la complejidad estructural del bosque en desarrollo aumenta en unos años, con una disminución rápida de la energía solar al interior del bosque. De esta manera, durante la sucesión ecológica del bosque tropical húmedo se genera un gradiente vertical del recurso lumínico que cambia en su amplitud (desde los valores más altos en la parte del dosel, hasta los valores más bajos en el piso del bosque) a medida que pasa el tiempo. (Chazdon 2008).

Para el rasgo de altura máxima de la planta, Cardoza (2011), encontró casi el 75% de las especies registradas, pertenecieron al estrato arbóreo medio, le siguieron en orden descendente el estrato arbóreo superior y emergente, y para el arbóreo inferior no se registró ninguna especie. En el caso del BRUNAS en el estrato arbóreo medio, se encontró un 93,1% de especies de árboles, en cambio para el estrato arbóreo emergente (> 35 m), está representado por 4 especies: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Fabaceae), *Vatairea erithrocarpa* (Ducke) Ducke (Fabaceae), *Talisia carinata* Radlk (Sapindaceae) y *Guatteria guentheri* Diels (Annonaceae), que les ubica como especies de la estrategia conservativa.

En cambio Salgado (2007) determinó más del 50% de las especies registradas, pertenecieron al estrato arbóreo medio (5 – 24,9 m), le siguieron en orden descendente los estratos emergente, arbóreo superior y arbóreo inferior. En

los estratos superiores también se registró un alto porcentaje de especies de crecimiento muy lento (Conservativas).

#### **4.4 APORTE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio, de rasgos funcionales de árboles de bosques de montaña, permite conocer el rasgo funcional: densidad de madera (DM), altura total del árbol (Hmax) y diámetro del fuste árbol (Dap), a su vez entender e interpretar el rasgo funcional DM ( $\text{g/cm}^3$ ) por grupos de densidades: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta; así como rasgo funcional Hmax (m), por categoría de estratos: arbóreo inferior, arbóreo medio, arbóreo superior y emergente y en el rasgo funcional diámetro de fuste del árbol (Dap) por clase diamétrica, agrupadas en estrategia de especies conservativas y adquisitivas.

Los resultados del estudio, permite entender la dimensión funcional de las especies, fundamentales para conocer las dinámicas ecológicas, necesarios para el establecimiento de estrategias de manejo, uso y conservación de bosques en la selva alta peruana.

Así mismo, frente a los cambios ambientales drásticos, las especies de árboles acudirían a la estrategia adquisitiva o conservativa para adaptarse o migrar a nuevos nichos de ecosistemas. Del mismo modo, conociendo los atributos de los rasgos funcionales de cada especie ayuda a diseñar los planes de restauración de ecosistemas y corredores de conectividad de ecosistemas de bosques para la conservación de las especies.

## CONCLUSIONES

- 1 En el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, según el rasgo funcional densidad de madera (DM), de 518 árboles, el 66,6% pertenecen a la estrategia de especies conservativas y 33,4% son de estrategia de especies adaptativas.
- 2 Según categoría de DM, el 51,9% presenta densidad alta; 35,3% densidad media, 7,7% densidad baja, y 4,1% densidad muy alta, alcanzando el 91,2% de especies de árboles se encuentran en la categoría de densidad de madera: media, alta y muy alta; es decir, de cada 10 árboles, 9 están entre 0,41 a  $> 0,75\text{g/cm}^3$  de DM, con mayor presencia de especies de la estrategia conservativa.
- 3 En base a la correlación del rasgo funcional diámetro del fuste del árbol (Dap), de 518 árboles, el 53,9% se encuentran entre 10-20 cm de Dap y el 26,3% entre 20-30 cm de Dap, el 80,2% de árboles fluctúan entre 10 a 30 cm de Dap; es decir, de cada 10 árboles, 8 presentan estos diámetros.
- 4 La correlación del rasgo funcional altura máxima del árbol (Hmax), de 518 árboles, se encuentran en la categoría estrato arbóreo medio, el 91,7% (475), el 7,3% (38) corresponden al arbóreo superior, y el 1% (5) estrato emergente; por lo tanto, un 99,7% están entre 5 a 34,9 m de altura; es decir, de cada 10 árboles, 9 tienen esta altura.

## RECOMENDACIONES

1. Los resultados de la presente investigación, pueden tomarse orientadoras para el establecimiento de estrategias de manejo, uso y conservación de bosques de ecosistemas de montaña, sobre la base de la dimensión funcional de las dinámicas ecológica de las especies de árboles evaluadas. Es muy importante considerar la estrategias de rasgos funcionales: densidad básica de la madera (DM) y su correlación con 5 categorías de densidad (Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta); en el rasgo funcional altura total de los árboles (Hmax) la correlación deberá ser por estrato arbóreo: arbóreo inferior, arbóreo medio, arbóreo superior y arbóreo emergente; en cambio, en el rasgo funcional diámetro del fuste el árbol (Dap), es necesario tomar en cuenta la relación por clases diamétricas: 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70-80cm y > 80cm.
2. Es fundamental evaluar e identificar otros rasgos funcionales que puedan ser utilizados para determinar grupos funcionales de especies arbóreas, sensibles a la perturbación y fragmentación, estos rasgos pueden son: tamaño y agente dispersor de las semillas, ancho de copa del árbol, tasa de crecimiento, captura de carbono, entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M; Reynel, C. (2009). Dinámica forestal y regeneración en un bosque montano nublado de la selva central del Perú (localización Puyu Sacha, valle de Chanchamayo, Dp. Junín, 2100 msnm). Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina. 167 p
- Albert, C. H., F. Grassein, F. M. Schurr, G. Vieilledent, y C. Violle. (2011). *When and how should intraspecific variability be considered in trait-based plant ecology?* Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 13:217-225.
- Alpízar, E. (2008). Vulnerabilidad de flora y fauna ante cambio climático. Ambientico. No. 172.13 p.
- Alvarez, E; Benites, D; Velásques, C y Cogollo, A. (2013). Densidad básica del fuste de árbol del bosque seco en la costa de Caribe de Colombia. Revista Intrópica 8:17-28. Santa marta, Colombia.
- Álvarez, E., A. Duque, J. Saldarriaga, K. Cabrera, G. de las Salas, I. del Valle, A. Lema, F. Moreno, S. Orrego y L. Rodríguez. (2012a). Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. Forest Ecology Managment 267: 297–308.
- Anten N.P.R, Selaya N.G. (2011). Ecophysiology of secondary sucesision in tropical moist forest: Scaling from individual traits to whole-plant performance. En: Size-and agre-related changes in tree structure and function. Tree Physiology, 4:429-454.
- Araujo, M; Whittaker; Ladle; RJ; Erhard, M. (2005b). Reducing uncertainty in projections of extinction risk from climate change. Global Ecology and Biogeography 14: 529-538.
- Aróstegui, A. (2006). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de madera peruana. Proyecto PNUD/FAO/PERU/81/002. Documento de trabajo N°2. Lima, Peru.24 p.
- Aróstegui A. (1982). *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de madera peruana*. Proyecto PNUD/FAO/PERU/81/002. Documento de trabajo N°2. Lima, Peru.24 p.
- Baede, A.; van der Linden, P. y Verbruggen, A. (2007). (eds). Anexo II, Cambio climático 2007, informe de síntesis (en línea). Consultado 12 jun. 2009.



Disponible en [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf).

- Bass, P., Beeckman, H., Čufar, K. & De Micco, V. (2016). Preface of Functional Traits in Wood Anatomy. *IAWA Journal*, 37(2), 124-126.
- Bawa, K.S., Dayanandan, S. (1998). Global climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change* 39: 473-485.p.
- Baker, T.R, Phillips, O.L., Malhi, Y, Almeida, S., Arroyo, L., Di Fior E, A., Killeen, T., Laurance, S. (2004a). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 359, 353-365 p.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Killeen, T., Laurance, S. (2004b). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* 10, 545- 562 p.
- Bakkenes, M; Alkemade, M; Ihle, F; Leemans, R; Latour, JB. (2002). Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 8: 390-407.
- Bazzaz, F. (1998). Tropical Forests in a Future Climate: Changes in Biological Diversity and Impact on the Global Carbon Cycle. *Climatic Change*.
- Beeckman, H. (2016). Wood anatomy and trait-based ecology. *IAWA Journal*, 37(2), 127-151
- Beniston, M; Diaz, H; Bradley, R. (1997). Climatic Change at High Elevation Sites: An Overview. *Climatic Change* no.36:233-251.39(23):317-336.
- Bermeo, E.D. (2010). Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas. Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 118pp.
- Bellota, D. (2015). Variaciones de la Diversidad, Biomasa aérea a través de una gradiente altitudinales en la Reserva Comunal El Sira- Huánuco. Tesis Biólogo Facultad de Ciencias Escuela Profesional de Biología de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco 101pp.
- Biringer, JL. (2003). Forest ecosystems threatened by climate change: promoting long-term forest resilience. In Hansen, LJ; Biringer, JL; Hoffman, JR. (eds). *Buying time – a user’s manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. WWF, Gland, Switzerland. Pp. 43-72.

- Bucci, S.J., G. Goldstein, F.C. Meinzer, F.G. Scholz, A.C. Franco y M. Bustamante. (2004). Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. *Tree Physiology* 24: 891-899.
- Bucheli, L.P. (2012). Evaluado los rasgos funcionales radiculares de especies arbóreas en sistemas silvopastoriles en relación con el contenido de humedad del suelo en Rivas, Nicaragua. Tesis optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13:115-155.
- Cardoza, R.F.S. (2011). Diversidad y composición florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Monte Cristo, El Salvador. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Cornelissen, JHC; Lavorel, S; Garnier, E; Diaz, S; Buchmann, N; Gurvich, DE; Cornwell, W. K., y D. D. Ackerly. (2009). *Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California*. *Ecological Monographs* 79:109-126.
- Cornelissen, JHC; Lavorel, S; Garnier, E; Díaz, S; Buchmann, N; Gurvich, DE; Reich, PB; Steege, HT; Morgan, HD; Heijden, MGA; Pausas, JG; Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51(4):335-380.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Collins, M., Harris, P.P., Huntingford, C., Jones, C.D. (2004). *Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century*. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 137-156.
- Colfer, C.J.P. (ed.). (2008). Human health and forests: a global overview of issues, practice and policy. Earthscan, London, UK. 374p.
- Cuesta, F; Peralvo, M; Ganzenmüller, A. (2008). Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales. Páramo y Cambio Climático. Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador / EcoCiencia. Serie Páramo no.23.
- Chapin, F. S., E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, *et al.* (2000). *Consequences of changing biodiversity*. *Nature* 405:234-242.

- Chave, J., Coomes, S., Jansen, S., Lewis, S., Swenson, N. & Zanne, A. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12(4), 351-366.
- Chave, J; Muller-Landau, H; Baker, T; Easdale, T. (2006). Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree. *Ecological Applications*, 16(6): 2356–2367.
- Chave, J. (2005). Medición de la altura del árbol, para árboles tropicales. Manuel de campo. Pan – Amazonía. Proyecto de avance de las Redes Científica en la Amazonía. Lab. Evolution et Diversité Biologique. Université Paul Sabatier. 31000 Toulouse, France. Disponible: [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/TreeHeight\\_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/TreeHeight_spanish[1].pdf)
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers, J.Q. Eamus, D. Fohlster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riera y T. Yamakura. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87–99.
- Chazdon, R.L. (2008). Chance and determinism un tropical forest sucesion. En: Carson WP, Schinitzer SA (eds) *Tropical Forest Community Ecological*. Wiley-Blackwell Publishing, pp384-408.
- Clark, D. A. y D. B. Clark. (1984). Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen- Connell model. *American Naturalist* 124: 769-788.
- Cramer, W., Bondeau, A., Schaphoff, S., Lucht, W., Smith, B., Sitch, S. (2004). Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 331-343.
- Dahlgren, J; Erikson, O; Bolmgren, K; Strindell, M; Ehrlén, J. (2006). Specific leaf area as a superior predictor of changes in field layer abundance during forest succession. *Journal of Vegetation Science* 17:577-582.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, R.J. Swanson, B.J. Stocks, B.M. Wotton. (2001). *Climate change and forest disturbances*. *Bioscience* 51:723-734.
- De Clerck, F. (2011). Biodiversidad funcional en sistemas agroforestales, Conferencias Magistrales. *Revista Agroforesteria Neotropical* 1(1):52-53

- Consultado 2 oct. 2011. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/neotropical/article/view/565>.
- De Bello, F., W. Thuiller, J. Leps, P. Choler, J. C. Clément, P. Macek, M. T. Sebastia, y S. Lavorel. (2009). *Partitioning of functional diversity reveals the scale and extent of trait convergence and divergence*. *Journal of Vegetation Science* 20:475-486.
- Díaz, S; Fargione, J; Chapin, F; Tilman, D. (2006). *Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being*. *Plos Biology* 4 (8):1300-1305.
- Díaz, R. (2003). Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post-incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite. *Asociación Española de Ecología terrestre*. Alicante, España. *Ecosistemas*. Vol. XII. No. 3. 11 p.
- Díaz, S; Gurvich, D; Pérez; N; Cabido, M. (2002). ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 37: 135-140
- Díaz, S. & M. Cabido. (2001). *Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes*. *Ecology & Evolution* 16(11): 646 – 645.
- Downes G, I Hudson, CA Raymond, G Dean, A Michell, LR Schimleck, R Evans, A Muneri. (1997). *Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties*. CSIRO publishing. 124 p.7:135-140.
- Dube, OP; Tarazona, J; Velichko, AA. 2007. *Ecosystem, their properties, good, and services*. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Parry, ML; Canziani, OF; Palutikof, PJ; van der Linden, PJ; Hanson, CE: Cambridge University Press, Cambridge, UK, 211-272.
- Fajardo, A., y F. I. Piper. (2012). *Intraspecific trait variation and covariation in a widespread tree species (Nothofagus pumilio) in southern Chile*. *New Phytologist* 189:259-271.
- Fearnside, P.M. (2004). *Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass?* *Global Environmental Change* 14: 299–302.
- Felsenstein, J. 1985. *Phylogenies and the comparative method*. *The American Naturalist* 25 (1): 1-15.
- Fernandez, M. F. (2007). *Diversidad funcional de bosque muy húmedos tropicales en el noreste de Costa Rica a partir de rasgos foliares y densidad de la*

- madera. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 91pp.
- Finegan, B; Camacho, M; Zamora, N. (1999). Diameter increment patterns among 106 tree species in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest. *Forest Ecology and Management* 121:159-176
- Fischlin, A; Midgley, GF; Price, JT; Leemans, R; Gopal, B; Turley, C; Rounsevell, MD; Dube, OP; Tarazona, J; Velichko, AA. (2007). Ecosystem, their properties, good, and services. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Parry, ML; Canziani, OF; Palutikof, PJ; van der Linden, PJ; Hanson, CE: Cambridge University Press, Cambridge, UK, 211-272.
- Fischlin, A., M. Ayres, D. Karnosky, S. Kellomaki, B. Louman, C. Ong, G.-K. Palttner, H. Santoso, I. Thompson. (2009). Future environmental impacts and vulnerabilities. Pages 53-100 in R. Seppala, A. Buck and P. Katila (eds.), *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*. IUFRO World Series Vol. 22. Helsinki
- Fischlin, A; Midgley, GF; Price, JT; Leemans, R; Gopal, B; Turley, C; Rounsevell, MD; Dube, OP; Tarazona, J; Velichko, AA. (2007). Ecosystem, their properties, good, and services. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Parry, ML; Canziani, OF; Palutikof, PJ; van der Linden, PJ; Hanson, CE: Cambridge University Press, Cambridge, UK, 211-272.
- Fisher, M; Ludlow, M. (1984). Adaptation to water deficits in *Stylosanthes*. In: Estace, H. M. y Edye, L. A. (eds). *The biology and agronomy of Stylosanthes*. Academic Press. Sydney, Australia. pp 163-179.
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth Science Reviews* 55:73-106.
- Foster, P. (2002). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55(1-2): 73-106.
- Flórez, A, (1992). Los nevados de Colombia, glaciales y glaciaciones. *Análisis Geográficos* p. 22. 95.
- Geber, M. A., y L. R. Griffen. (2003). *Inheritance and natural selection on functional traits*. *International Journal of Plant Sciences* 164:S21-S42.

- Gentry, A.H. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. Pp 103-126 en H. Churchill S. P. B., E. Forero y J. L. Luteyn (Eds.). (1993). Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium Bronx, N.Y., USA). Biodiversity and conservation of neotropical montane forests: Proceedings. New York Botanical Garden, Bronx, New York, USA.
- Gitay, H., Suarez, A., Watson, R.T., Dokken, D.J. (eds.). (2002). Climate change and biodiversity. A Technical Paper of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Geneva, Switzerland.
- Gotelli, N. J., y G. R. Graves. (1996). *Null models in ecology*. Smithsonian Institution, Washington.
- Goldammer, J.G., Price, C. (2008). *Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning model*.
- Grubb, P.J. & Whitmore, T.C. (1966). A comparison on montane and lowland rainforest in Ecuador: II. The climate and its effects on the distribution and physiognomy of the forests. *Journal of Ecology*, 54, 303-333.
- Hacke, U., Sperry, J., Pockman, W., Davis, S. & McCulloh, K. (2001). Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia*, 126, 457–461.
- Halpin, PN; Smith, TM. (1991). Potential Impacts of Climate Change on Forest Protection in the Humid Tropics: A Case Study of Costa Rica. Department of Environmental Sciences, University of Virginia, Charlottesville, VA, USA.
- Hansen, AJ; Neilson, RP; Dale, VH; Flather, DH; Iverson, LR; Currie, DJ; Shafer, S; Cook, R; Bartlein, P. (2001). Global Change in forest: Responses of Species, Communities, and Biomes. *BioScience* 51(9): 765-779.
- Hansen, L.J., Biringer, J.L. Hoffman, J.R. (2003). *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. WWF, Climate Change Program, Berlin, Germany. 246p.
- Holt, RD. (1990). The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in Ecology and Evolution* 5:311-315.
- Holdridge, L.R. (1982). *Ecología: Basado en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 216p.
- Hubbell, S. P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

- Hubbell, S.; Foster, R. (1986). Biology, chance, and history and the structure of tropical tree conservation. En Diamond, J.; Case T. (Eds). Community Ecology. 314-329 p. Harper and Row, USA.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2007). Cambio climático 2007: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Eds. Pachauri, RK; Reisinger, A. 104 p.
- IPCC (Panel Intergubernamental de expertos sobre cambio climático). (2002). Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC. Eds. H. Gitay; A. Suárez; RT. Watson; DJ. Dokken. 93 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2000). Informe especial: escenarios de emisiones. (en línea). Consultado 12 jun. 2009. Disponible en <http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/sres-s.pdf>.
- Jacobsen, A., Pratt, R., Davis, S. & Ewers, F. (2008). Comparative community physiology: non convergence in water relations among three semi-arid shrub communities. *New Phytologist*, 180(1), 100-113.
- Kursar, T; Engelbrecht, B; Burke, A; Tyree, M; Ei Omari, B.; Giraldo, J. (2009). Tolerance to low leaf water status of tropical tree seedlings is related to drought performance and distribution. *Functional Ecology* 23(1):93-102. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01483.x>
- Kappelle, M; Van Vuuren MI; Baas, P. (1999). Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity and Conservation* 8: 1383–1397.
- King, D.A., S.J. Davies, S. Tan y N.S.M.D. Noor. (2006). The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees. *Journal of Ecology* 94: 670–680.
- Kohler, P; Ditzer, T; Huth, A. (2000). Concepts for the aggregation of tropical tree species into functional types and the application to Sabah's lowland rain forests. *Journal of Tropical Ecology* 16:591-602
- Kühner, A; Kleyer, M. (2008). A parsimonious combination of functional traits predicting plant response to disturbance and soil fertility. *Journal of Vegetation Science* 19(5):681-692.
- Kühner, A; Kleyer, M. (2008). A parsimonious combination of functional traits predicting plant response to disturbance and soil fertility. *Journal of Vegetation Science* 19(5):681-692. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3170/2008-8-18436>

- Kraft, N. J., Metz, M. R., Condit, R. S., & Chave, J. (2010). The relationship between wood density and mortality in a global tropical forest data set. *New Phytologist*, 188(4), 1124-1136.
- Lavorel, S., y E. Garnier. (2002). *Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail*. *Functional Ecology* 16:545-556.
- Lillywhite, H. B., A. K. Mittal, T. K. Garg, y N. Agrawal. (1997). *Wiping behavior and its ecophysiological significance in the Indian tree fog Polypedates maculatus*. *Copeia* 1997:88-100.
- Londoño, C; Jiménez, E. (1999). Efecto del tiempo entre los censos sobre la estimación de las tasas anuales de mortalidad y de reclutamiento de árboles (períodos de 1, 4 y 5 años). *Crónica Forestal y del Medio Ambiente, Colombia, Notas divulgativas*. 12 p.
- Loope, L.L., Giambelluca, T.W. (1998). Vulnerability of island tropical montane cloud forests to climate change with special reference to East Maui, Hawaii. *Climatic Change* 39, 503-517.
- Markham, A. (1996). Potential impacts of climate change on ecosystems: review of implications for policymakers and conservation biologists. *Climate Research* 6, 179-191.
- Markesteyn, L., L. Poorter, F. Bongers, H. Paz y L. Sack. (2011). Hydraulics and life history of tropical dry forest tree species: coordination of species' drought and shade tolerance. *New Phytologist* 191: 480–495.
- Malhi, Y; Wright, J. (2004). Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *The Royal Society* 359:311–329.
- Malcolm, J.R., Markham, A., Neilson, R.P., Garaci, M. (2002). Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography* 29, 835-849.
- Malhi, Y., Phillips, O.L. (2004). Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359, 549–555.
- Malcolm, J.R., Markham, A., Neilson, R.P., Garaci, M. (2002). Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography* 29, 835-849.
- Matesanz, S; Gianoli, E; Valladares, F. (2010). Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annals of the New York Academy of Sciences*



- 1206(1):35-55. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05704.x>
- Meinzer, F.C., P.I. Campanello, J.C. Domec, M.G. Gatti, G. Goldstein, R. Villalobos-Vega y D.R, Woodruff. (2008). Constraints on physiological function associated with branch architecture and wood density in tropical forest trees. *Tree Physiology* 28: 1609-1617
- Mora, E. y A. Mora. (2003). Análisis de las tasas de crecimiento diametral por grupos funcionales de especies arbóreas en un bosque tropical semi-decídúo de Venezuela. *Forestal Venezolana* 53(1): 23-32.
- Muller-Landau, H. C. (2004). Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees. *Biotropica*, 36(1), 20-32.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (eds.). (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- McGill, B; Enquist, B; Weiher, E; Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution* 21(4):178-185. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534706000334>
- Naeem, S; Li, S. (1997). Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390(6659):507-509.
- Navas, C., C. Jared, y M. Antoniazzi. (2002). *Water economy in the casqued-headed tree-fog Corythomantis greening (Hylidae): role of behavior, skin, and skull skin co-ossification*. *Journal of Zoology* 257:525-532.
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Soares-Filho, B. Merry, F. (2008). *Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363(1498), 1737-1746.
- Nina Q.A. (2014). Composición, estructura y regeneración arbórea en dos parcelas permanentes del bosque nublado - Parque Nacional del Manu-Paucartambo – Cusco.
- Niklas, K. (1993). Influence of tissue density-specific mechanical properties on the scaling of plant height. *Annals of Botany*, 72, 173-179.
- Nogueira, E.M., P.M. Fearnside y B.W. Nelson. (2008). Normalization of wood density in biomass estimates of Amazon forests. *Forest Ecology and Management* 256:990–996

- Nogueira, E.M., P.M. Fearnside, B.W. Nelson y M.B. Franca. (2007). Wood density in forests of Brazil's "arc of deforestation": Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia, *Forest Ecology and Management* 248,119–135.
- .Noss R. (2001). Beyond Kyoto: Forest Management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3):578-590.
- Osunkoya, O.O., T.K., Sheng, N. Mahud, y N. Damit. (2007). Variation in wood density, wood water content, stem growth and mortality among twenty-seven tree species in a tropical rainforest on Borneo Island. *Austral Ecology* 32: 191–201.
- Osman-Elasha, B., Parrotta, J. (Coordinating Lead authors); Adger, N., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Sohngen, B. (lead authors), Dafalla, T., Joyce, L.A., Nkem, J., Robledo, C. (contributing authors). Future Socioeconomic Impacts and Vulnerabilities. pp. 101-122 (Chapter 4) In: Seppälä, R., Buck, A., Katila, P. (eds.). (2009). *Adaptation of Forests and People to Climate Change – A Global Assessment Report*. IUFRO World Series Vol. 22. Helsinki. 224 p.
- Parmesan, C. (2007). Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*. Vol 13, Pp: 1860-1872.
- Parmesan, C; Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Parmesan, C. (1996). Climate and species range. *Nature* 382:765–766
- Parmesan, C; Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Parmesan, C. (2005). Biotic Response: Range and Abundance Changes. In Lovejoy, TE; Hannah, L. eds. *Climate Change and Biodiversity*. Michigan, USA, Yale University Press. p 41-55.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. Vol 37, Pp: 637-669.
- Pallqui, N.C. (2013). Dinámica de un bosque tropical: biomasa aérea y análisis en parcelas permanentes a largo plazo, Reserva Nacional Tambopata – Madre de Dios. Tesis Biólogo. Cusco, Perú. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. 129 p.

- Pearson, R.G. (2006). Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* 21 (3), 111-113.
- Pearson, RG; Dawson, TP. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12:361-371
- Petchey, O; O'Gorman, E; Flynn, D. (2009). A functional guide to functional diversity measures. En S. Naemm, D. Bunker, A. Hector, M. Loreau, C. Perrings. *Biodiversity, ecosystem functioning and human wellbeing and ecological and economic perspective*. Oxford.
- Petchey, OL; Hector, A; Gaston, KJ. (2004). How do different measures of functional diversity perform?. *Ecology* 85(3):847-857. Disponible en: [https://www.google.com.pe/search?q=diversidad+funcional+por+Petchey+et+al+2004&ei=qMHtWs7qHtHI5qLV\\_6GqCg&start=30&sa=N&biw=1366&bih=613](https://www.google.com.pe/search?q=diversidad+funcional+por+Petchey+et+al+2004&ei=qMHtWs7qHtHI5qLV_6GqCg&start=30&sa=N&biw=1366&bih=613).
- Petchey, OL; Gaston, KJ. (2002). Extinction and the loss of functional diversity. *Proceedings of Real. Society* 269: 1721-1727.
- Peterson, A; Tian, H; Martínez-Meyer, E; Sánchez-Cordero, V; Huntley, B. (2005). *Modeling distributional shifts on individual species and biomes*. In Lovejoy, E; Hannah, L. (eds). *Climate change and biodiversity*. United States. Yale University
- Pruitt, J., y M. Ferrari. (2011). *Intraspecific trait variants determine the nature of interspecific interactions in a habitat forming species*. *Ecology* 92:1902-1908.
- Walker, B.H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6, 18-23.
- Peterson, AT; Sánchez, V; Soberon, J; Bartley, J; Buddemeier, RW; Navarro, AG. (2001). Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144:21-30
- Perea, M. J.R. (2005). Composición y estructura de especies arbóreas de un bosque montano, en el Parque Nacional Yanachaga Chemillen, Oxampampa-Pasco-Perú. Universidad nacional de la Amazonía Peruana. Tesis para optar de Ingeniero Forestal. 81pp.
- Poorter, L; Wright, SJ; Paz, H; Ackerly, DD; Condit, R; Ibarra-Manriquez, G; Harms, KE; Licona, JC; Martínez-Ramos, M; Mazer, SJ; Muller-Landau, HC; Peña-Claros, M; Webb, CO; Wright IJ. (2008). Are functional traits good predictors of demographic rates? evidence from five neotropical forests. *Ecology* 89(7):1908-1920.

- Poorter, L; Bongers, L; Bongers, F. (2006). Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups. *Ecology* 87(5):1289–1301.
- Poorter, L.; Jans, F.; Bongers, F.; Van Rompaey, R. (1994). Spatial distribution of gaps along three catenas in the moist forest of Tai National Park, Ivory Coast. *Journal of Tropical Ecology* 10:385-398.
- Pounds, J.A., Bustamant, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Moreno-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S.R., Snachez-Azofeifa, G.A., Still, C.J., Young, B.E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161–167
- Phillips, O; Baker, T; Feldpausch, T, and Brienen, R. (2016). RAINFOR Manual de Campo para el Establecimiento y Remedición de Parcelas. Disponible: [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Manual/RAINFOR field manual version2016 ES.pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Manual/RAINFOR_field_manual_version2016_ES.pdf)
- Reich, PB; ter Steege, H; Morgan, HD; van der Heijden, MGA; Pausas, JG; Poorter, H. (2003). *A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide*. *Australian Journal of Botany* 51: 335-380.
- Rivera, G. P. (2007). Composición florística y análisis de diversidad arbórea en una área de bosque montano en el Centro de Investigación Wayqecha, Kosñipata Cusco. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú .111 p.
- Reid, H; Huq, S. (2005). Climate Change-Biodiversity and Livehood Impacts. In Robledo, C; Kanninen, M; Pedroni, L. eds. *Tropical Forest and Adaptation to Climate Change. In search of synergies*. Bogor, Indonesia, CIFOR. p 57-70.
- Roeder, S. M. (2004). Diversidad y Composición Florística de un área de Bosque de Terrazas en la Comunidad Nativa Aguaruna Huascayacu, en el Alto Mayo, San Martín – Perú. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.177p.
- Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C., Pounds J.A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421, 57-60.
- Robledo, C; Forner, C. (2005). Adaptation of forest ecosystems and the forest sector to climate change. FAO, Roma. 96 p. (Forests and climate change Working Paper no. 2).

- Ruiz, O.E.C. (2013). Impacto potencial del cambio climático en bosques de un gradiente altitudinal a través de rasgos funcionales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 81pp.
- Saint-Clair, PM. (1981). Guía para Estudiar la Resistencia de las Plantas la Sequía. Canadá, Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. v. 8, 88.
- Santiago, L., Goldstein, G., Meinzer, F., Fisher, J., Machado, K., Woodruff, D. & Jones, T. (2004). Leaf photosynthetic traits scale with hydraulic conductivity and wood density in Panamanian forest canopy trees. *Oecología*, 140. 543-550.
- Salgado, N. (2016). La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Biblioteca Instituto Alexander Von Humboldt. Primera edición, Bogotá, D.C., Colombia.
- Salgado, N. B., Pulido, N., Cabrera, M., Ruíz, C. & Paz, H. (2015). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en plantas. pp 36-79. En: Salgado-Negret, B. (ed.). La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 236.
- Salgado, N.B. (2007). Definición de los tipos funcionales de especies árboles y caracterización de sus respuesta a diferente intensidades de perturbación en un bosque muy húmedo tropical mesoamericano. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 136pp
- Seppala R., Buck A., Katila P. (eds.). (2009). *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*. IUFRO World Series Vol. 22.
- Savolainen, O., T. Pyhäjärvi, y T. Knürr. (2007). *Gene flow and local adaptation in trees*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 38:595-619.
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N.W., Prentice, I.C. (2006). *A climate-change risk analysis for world ecosystems*. PNAS 103: 13116- 13120.
- Schreiber S, R. Bürger, y D. I. Bolnick. (2011). *The community effects of phenotypic and genetic variation within a predator population*. Ecology 92:1582-1593.
- Sommer, J. H. et al. (2010). Projected impacts of climate change on regional capacities for global plant species richness. Proceedings of the royal society B Biological Sciences. Vol 277, Pp: 2271-2280.

- Suding, K. N., S. Lavorel, F. S. Chapin, J. H. C. Cornelissen, S. Díaz, E. Garnier, D. Goldbers, D. U. Hooper, S. T. Jackson, y M. L. Navas. (2008). *Scaling environmental change through the community-level: a trait-based response-and-effect framework for plants*. *Global Change Biology* 14:1125-1140.
- Sépala, R., Buck A., Katila P. (eds.). (2009). *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*. IUFRO World Series Vol. 22
- Simpson, W.T. y J.A. Sagoe. (1991). *Relative drying times of 650 tropical woods*. USA, Forest Service, Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-71
- Scholz, F.G., S.J. Bucci, G. Goldstein, F.C. Meinzer, A.C. Franco. y F. Miralles-Wilhelm. (2007). *Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in Neotropical savanna trees*. *Plant Cell Environmental* 30:236-248.
- Sperry, J., Meinzer, F. & McCulloh, K. (2008). *Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees*. *Plant, Cell and Environment*, 31(5), 632-645.
- Steege, H., N.C.A. Pitman, O.L. Phillips, J. Chave, D. Sabatier, A. Duque, J.M. Molino, M.F. Prévost, R. Spichiger, H. Castellanos, P. Von Hildebrand y R. Vasquez. (2006). *Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia*. *Nature* 443: 444-447.
- Terborgh, J., C. Flores, P. Mueller y L. Davenport. (1997). *Estimating the ages of successional stands of tropical trees from growth increments*. *Journal of Tropical Ecology* 14: 833-856.
- Tilman, D. (2001). *Functional diversity*. In Levin, SA. ed. *Encyclopedia of Biodiversity*. New Jersey, USA, Princeton University. p 109-120.
- Thuiller, W; Lavorel, S; Araújo, MB; Sykes, MT; Prentice IC. (2005). *Climate change threats to plant diversity in Europe*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:8245-8250.
- Tyree, M; Engelbrecht, B; Vargas, G; Kursar, T. (2003). *Desiccation Tolerance of Five Tropical Seedlings in Panama. Relationship to a Field Assessment of Drought Performance*. *Plant physiology* 132(3):1439-1447. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1104/pp.102.018937>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (en

- línea). Consultado 12 jun. 2009. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- Ureta, M. (2009). Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco-Perú. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- Tacna 125 p.
- Vanesa, T.A. (2013). Sucesión y dimensiones ecológicas en bosques tropicales secundarios. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis para optar Grado de Maestra en Ciencias Biológicas. México. 99pp.
- Valladares, F; Vilagrosa, A; Peñuelas, J; Ogaya, R; Camarero, J; Corcuera, L; Sisó, S; Gil-Pelegrín, E. (2004). Estrés hídrico: eco fisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. Ecología a del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. p. 163-190.
- Vasquez, V.M y Solorza B.J. (2017). Agrupación funcional de especies vegetales para la restauración ecológica de ecosistemas de montaña, Bogotá, Colombia. Colombia forestal, 21(1), 5-17pp.
- Vedeld, P., Angelsen A., Sjaastad E., Berg G. K. (2004). Counting on the Environment: Forest Incomes and the Rural Poor. World Bank, Washington, D. C. Environment Department Working Paper No. 98.8. ASTM International. 2011. Standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials. ASTM D2395 - 07ae. Web page. [online] URL: <http://www.astm.org/Standards/D2395.htm>.
- Violle, C; Navas, M; Vile, D; Kazakou, E; Fortunel, C; Hummel, I; Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! Oikos 116(5):882-892. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- Walker, B.H. (1995). *Conserving biological diversity through ecosystem resilience*. Conservation Biology 9, 747-52.
- Walker, BH; Kinzing, A; Langridge, J. (1999). Plant Attribute Diversity, Resilience, and Ecosystem Function: The Nature and Significance of Dominant and Minor Species. Ecosystems 2: 95-113.
- Walther et al. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature. Vol 416.
- Weiher, E., y P. A. Keddy. (1995). *Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns*. Oikos 74:159-164.

- Wieman, M.C y G.B. Williamson. (1989). Wood specific gravity gradients in tropical dry and montane rain forest trees, *American Journal of Botany* 76 (6): 924-928. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*.
- Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161–167.
- Wilson, J; Thompson, K; Hodgson, JG. (1999). Specific Leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol.* 143: 155-162.
- Williamson G.B, Wiemann. (2010). Age-Dependent Radial Increases in Wood Specific Gravity of Tropical Pioneers in Costa Rica. *Biotrópica* 42:590-597.
- Williams, SE; Bolitho, EE; Fox, S.(2003). Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *The Royal Society* 270:1887-1892.
- WWF (World Wide Fund for Nature). (2003). Effects of Climate Change on Protected Areas: The case of tropical montane cloud forest. Pp. 2-12.
- Zanne, A.E., Lopez, G., Coomes, D.A., ILC, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wieman, M.C., Chave, J. (2009). *GlobalWoodDensityDatabase.xls*. Recuperado de (<http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235>, documento, 27 jun. 2016).
- Zobel, B & Van Buijtenen, J. (1989). *Wood Variation: Its causes and control*. Springer-Verlag. 363 pp.
-



## ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### ESCUELA DE POSGRADO

#### DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**Nombre del investigador:** CASIANO AGUIRRE ESCALANTE

**Título de la investigación:** Rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña favorecen la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales en el Bosque Reservado UNAS -Tingo María

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<b>General</b> ¿Cuál de los rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña favorecen la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales en el Bosque Reservado UNAS-Tingo María 2017?	<b>General</b> Determinar los rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña que favorecen la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales, en el Bosque Reservado UNAS-Tingo María	<b>General</b> Si las características de los rasgos funcionales de los árboles de bosque de montaña favorecen a la estrategia de conservación de las especies a los riesgos ambientales, en el Bosque Reservado UNAS Tingo María.	<b>Variable1</b> Rasgos funcionales  <b>Variable2</b> Estrategia de conservación: - Adquisitiva o Adaptativa -Conservativa	a) Densidad de la madera (g/cm <sup>3</sup> ) b) Altura máxima del árbol (m) c) Diámetro del fuste del árbol (m)  a) Especies Adquisitivas o Adaptativas b) Especies Conservativas
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Sub variables</b>	<b>Sub indicadores</b>
1) La densidad de la madera favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.	Determinar si la densidad de la madera favorecen la estrategia de conservación de especies adaptativa y conservativa.	Si la densidad de la madera, favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.	a) Densidad de la madera b) Especies Adquisitiva c) Especies Conservativas	Muy baja: menor de 0,30 g/cm <sup>3</sup> Baja: de 0,30 g/cm <sup>3</sup> a 0,40g/cm <sup>3</sup> Media: de 0,41 g/cm <sup>3</sup> a 0,60 g/cm <sup>3</sup> Alta : de 0,61 g/cm <sup>3</sup> a 0,75 g/cm <sup>3</sup> Muy Alta: mayor de 0,75 g/cm <sup>3</sup> . Baja densidad Densidad menor de 0,54g/cm <sup>3</sup> Alta densidad Densidad mayor de 0,54 g/cm <sup>3</sup> )
2) La altura máxima del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.	Determinar si la altura máxima del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.	Si la altura máxima del árbol, favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.	a) Altura máxima del árbol b) Especies adaptativas c) Especies conservativas	a) Estrato arbóreo inferior(≤4,9 m) b) Estrato arbóreo medio(5,24,9 m) c) Estrato arbóreo superior(25-34,9 m) d) Estrato arbóreo emergente(>35 m) Baja densidad Densidad menor de 0,54g/cm <sup>3</sup> Alta densidad Densidad mayor de 0,54 g/cm <sup>3</sup> )

<p>3) El diámetro del fuste del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.</p>	<p>Determinar si el diámetro del fuste del árbol favorece la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.</p>	<p>Sí el diámetro del fuste del árbol, favorece a la estrategia de conservación de especies adaptativas y conservativas.</p>	<p>a) Diámetro del fuste del árbol  b) Especies Adaptativas  c) Especies conservativas</p>	<p>Distribución por clase diamétrica 10-20 cm 20-30 cm 40-50 cm 50-60 cm 60 -70 cm 70-80cm &gt; 80 cm Baja densidad Densidad menor de 0,54g/cm<sup>3</sup> Alta densidad Densidad mayor de 0,54 g/cm<sup>3</sup>)</p>
---	--	--	--	---

<b>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION</b>	<b>POBLACION, MUESTRA</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b>	<b>TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION</b>	<b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION</b>
<p><b>1. Tipo de investigación</b> Aplicada, porque se recurrirá a la ciencia de ecología funcional para estudiar los rasgos funcionales de los árboles que favorecen la estrategia de conservación especies a los riesgos ambientales en el Bosque Reservado UNAS-Tingo María</p> <p><b>2. Nivel de investigación</b> Descriptivo, porque se identificará los rasgos funcionales de los árboles y se clasificará según la estrategia de conservación adaptativa y conservativa de la especie.</p>	<p><b>Población</b> Los árboles del bosque de montaña.</p> <p><b>Muestra</b> -Una hectárea (100m x 100m) de bosque de montaña. -Unidad de análisis el árbol.</p> <p><b>Tipo de muestreo</b> No probabilístico, por conveniencia según protocolo internacional de RAINFORE manula de campo para la remediación y establecimiento medición.</p>	<p><b>Tipo de diseño</b> No experimental-Transversal, consistirá en elaborar un mapa dispersión de árboles mayores de 10cm de DAP, según protocolo internacional. -Se establecerá una parcela permanente de medición en bosque de montaña. -Extensión de la parcela será una hectárea (100 m x 100), con subdivisión de 25 sub parcelas de 20m x 20m -Se evaluará árboles mayores de 10cm DAP ((diámetro a la altura del pecho), por norma internacional</p> <p><b>Técnicas estadísticas</b> Descriptiva, a través de frecuencia y frecuencias porcentuales.</p>	<p><b>Técnicas bibliográficas</b> a) Análisis de contenido b) Fichaje</p> <p><b>Técnicas de campo</b> Observación Análisis documental</p>	<p><b>Instrumentos:</b> Ficha de contenido o investigación: -Textual -Resumen -Comentario Ficha de registro o localización (bibliografía o hemeroteca) <b>Instrumentos de campo</b> Formato de campo Guía clasificación densidad específica de la madera de árboles tropicales.</p>

## ANEXO 2

## Bases de datos de la parcela permanente de medición del BRUNAS

N°	N°. Sub parcela	Familia	Genero	Especie	Densidad de la madera (gr/cm <sup>3</sup> )	Diámetro	Altura total
1	1	Fabaceae	Cedrelinga	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	0,6350	115,83	42,30
2	1	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	46,57	24,60
3	1	Myristicaceae	Osteophloeum	Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.	0,4659	64,74	27,30
4	1	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,5400	11,84	16,40
5	1	Urticaceae	Protium	Protium decandrum	0,3868	46,00	21,40
6	1	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	62,77	19,10
7	1	Calophyllaceae	Marila	Marila tomentosa Poepp.	0,6500	44,63	19,90
8	1	Malvaceae	Apeiba	Apeiba aspera Aubl.	0,3090	56,34	27,30
9	1	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,5400	44,56	24,50
10	1	Boraginaceae	Cordia	Cordia hebeclada I.M.Johnst. Vel sp. aff.	0,5250	43,35	20,30
11	1	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	53,48	24,90
12	1	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	52,55	22,50
13	1	Bignoniaceae	Jacaranda	Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don	0,3507	46,54	23,20
14	1	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	38,20	25,40
15	1	Burseraceae	Tetragastris	Tetragastris panamensis (Engl.) Kuntze	0,7173	48,70	22,20
16	1	Myristicaceae	Otoba	Otoba glycyarpa (Ducke) W.A.Rodrigues & T.S.Jaram.	0,3750	46,15	25,00
17	1	Vochysaceae	Vochysia	Vochysia biloba Ducke	0,4550	51,57	30,40
18	1	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	48,70	23,80
19	1	Myristicaceae	Osteophloeum	Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.	0,4659	86,71	27,30
20	1	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	22,70	15,40
21	1	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	46,15	32,40
22	1	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	73,85	27,70
23	1	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	73,85	26,60
24	1	Myristicaceae	Virola	Virola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	44,88	27,10
25	1	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	43,93	20,20

1	2	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,4360	47,49	35,90
2	2	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	41,32	22,40
3	2	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	24,76	18,40
4	2	Boraginaceae	Cordia	Cordia ucayaliensis (I.M.Johnst.) I.M.Johnst. vel sp. aff.	0,4100	21,23	20,10
5	2	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,75	17,20
6	2	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,32	15,10
7	2	Phyllanthaceae	Hieronyma	Hieronyma oblonga (Tul.) Müll.Arg.	0,6500	43,93	20,20
8	2	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	38,83	22,10
9	2	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,5400	52,27	28,30
10	2	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,5400	44,79	23,80
11	2	Myristicaceae	Osteophloeum	Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.	0,4659	48,38	27,00
12	2	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,34	14,90
13	2	Urticaceae	Coussapoa	Coussapoa orthoneura Standl.	0,4610	47,27	24,50
14	2	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	42,02	22,50
15	2	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	56,02	23,90
16	2	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	47,75	23,80
17	2	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,65	20,80
18	2	Urticaceae	Pourouma	Pourouma bicolor Mart.	0,3100	15,28	8,3
19	2	Rubiaceae	Calycophyllum	Calycophyllum megistocaulum (K. Krause) CM Taylor	0,7197	11,14	14,10
20	2	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	13,37	17,80
21	2	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	42,97	22,90
22	2	Olcaceae	Minquartia	Minquartia guianensis Aubl.	0,8000	70,66	28,40
23	2	Vochysaceae	Vochysia	Vochysia biloba Ducke	0,4550	47,43	21,70
24	2	Rubiaceae	Warszewiczia	Warszewiczia indet indet	0,5700	83,72	30,20
25	2	Urticaceae	Pourouma	Pourouma bicolor Mart.	0,3100	52,52	25,30
1	3	Fabaceae	Cedrelinga	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	0,5400	85,94	27,20
2	3	Fabaceae	Vatairea	Vatairea erithrocarpa (Ducke) Ducke	0,5950	40,55	40,20
3	3	Myristicaceae	Virola	Virola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	20,05	21,40
4	3	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,70	17,50
5	3	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	41,19	20,00
6	3	Calophyllaceae	Marila	Marila tomentosa Poepp.	0,6500	36,03	20,70

7	3	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	12,51	7,80
8	3	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	91,04	27,30
9	3	Nyctaginaceae	Neea	Neea macrophylla Poepp. & Endl. vel sp. aff.	0,6061	56,28	18,80
10	3	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	14,01	14,70
11	3	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	44,88	26,70
12	3	Myristicaceae	Virola	Virola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	28,11	22,30
13	3	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	52,58	24,30
14	3	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	43,29	24,80
15	3	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	17,51	16,70
16	3	Myristicaceae	Osteophloeum	Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.	0,4659	52,20	22,50
17	3	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	14,01	17,20
18	3	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	29,73	19,90
19	3	Fabaceae	Vatairea	Vatairea erithrocarpa (Ducke) Ducke	0,5950	18,53	19,60
20	3	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,89	13,10
21	3	Moraceae	Helicostylis	Helicostylis tomentosa (Poepp. & Endl.) Rusby	0,6266	38,20	18,00
22	3	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,87	20,30
23	3	Salicaceae	Laetia	Laetia procera (Poepp.) Eichler	0,6481	47,75	27,50
24	3	Myristicaceae	Otoba	Otoba glycyarpa (Ducke) W.A.Rodrigues & T.S.Jaram.	0,3750	43,29	32,00
25	3	Ulmaceae	Ampelocera	Ampelocera edentula Kuhl.	0,6990	41,38	25,50
1	4	Fabaceae	Hymenolobium	Hymenolobium pulcherrimum Ducke	0,4700	19,58	18,40
2	4	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	29,98	20,20
3	4	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	11,90	9,80
4	4	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	14,61	14,70
5	4	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	26,36	19,30
6	4	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	40,01	24,10
7	4	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	28,62	8,00
8	4	Moraceae	Brosimum	Brosimum lactescens (S.Moore) C.C.Berg	0,6560	28,33	19,40
9	4	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	27,69	17,20
10	4	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	13,91	14,60
11	4	Fabaceae	Cedrelinga	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	0,5038	131,14	36,40
12	4	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	13,43	6,00

13	4	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,65	16,30
14	4	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	43,29	22,20
15	4	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,78	10,30
16	4	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,46	14,10
17	4	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	33,10	18,80
18	4	Sapotaceae	Pouteria	Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	0,9000	14,96	17,60
19	4	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevigata Trécul	0,6290	37,24	20,60
20	4	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,41	17,3
21	4	Urticaceae	Pourouma	Pourouma cecropiifolia Mart.	0,3557	22,85	16,50
22	4	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,14	17,50
23	4	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,78	11,70
24	4	Vochysaceae	Vochysia	Vochysia biloba Ducke	0,4550	60,80	29,20
25	4	Burseraceae	Protium	Protium sagotianum Marchand	0,5575	20,69	16,30
1	5	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,3900	23,30	21,70
2	5	Burseraceae	Protium	Protium tenuifolium (Engl.) Engl.	0,5700	13,34	14,20
3	5	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	11,27	14,00
4	5	Fabaceae	Platymiscium	Platymiscium pinnatum sub.sp. pinnatum. vel sp. aff.	0,7370	25,40	17,80
5	5	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	19,19	19,10
6	5	Hypericaceae	Vismia	Vismia amazonica Ewan velsp. aff.	0,6500	20,18	15,90
7	5	Combretaceae	Buchenavia	Buchenavia macrophylla Spruce ex Eichler	0,7300	27,69	20,80
8	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,60	18,40
9	5	Calophyllaceae	Marila	Marila tomentosa Poepp.	0,6500	19,77	19,20
10	5	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	11,52	12,10
11	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,28	17,70
12	5	Nyctaginaceae	Neea	Neea divaricata Poepp. & Endl.	0,4900	21,17	9,30
13	5	Moraceae	Naucleopsis	Naucleopsis krukovii (Standl.) C.C. Berg	0,6510	29,28	18,20
14	5	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	43,93	28,10
15	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	27,31	19,30
16	5	Myristicaceae	Virola	Virola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	37,56	31,00
17	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,73	18,80
18	5	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	29,83	20,50

19	5	Vochysaceae	Vochysia	Vochysia biloba Ducke	0,4550	15,66	14,30
20	5	Rubiaceae	Capirona	Capirona decorticans Spruce	0,5930	11,78	13,30
21	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,87	24,30
22	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,01	14,80
23	5	Rubiaceae	Calycophyllum	Calycophyllum megistocaulum (K. Krause) CM Taylor	0,7197	12,10	15,70
24	5	Moraceae	Clarisia	Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	0,5854	52,52	27,90
25	5	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,28	17,10
1	6	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,5575	31,07	28,10
2	6	Fabaceae	Macrolobium	Macrolobium gracile Spruce ex Benth.	0,6140	21,65	11,70
3	6	Lauraceae	Nectandra	Nectandra indet indet	0,4530	22,50	17,70
4	6	Lecythidaceae	Eschweilera	Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori	0,8520	13,72	15,90
5	6	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	24,96	20,90
6	6	Euphorbiaceae	Tetrorchidium	Tetrorchidium macrophyllum Müll.Arg.	0,6500	15,57	16,80
7	6	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,69	14,70
8	6	Moraceae	Perebea	Perebea guianensis Aubl.	0,5600	12,10	13,10
9	6	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	19,54	20,80
10	6	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,61	14,40
11	6	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,50	11,80
12	6	Salicaceae	Casearia	Casearia ulmifolia Vahl ex Vent. vel sp. aff	0,6550	29,98	24,00
13	6	Euphorbiaceae	Mabea	Mabea piriri Aubl.	0,5980	11,55	13,00
14	6	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	18,78	19,90
15	6	Calophyllaceae	Marila	Marila tomentosa Poepp.	0,6500	16,93	13,70
16	6	Burseraceae	Tetragastris	Tetragastris panamensis (Engl.) Kuntze	0,7173	31,19	20,70
17	6	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,60	16,80
18	6	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	21,96	15,90
19	6	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	12,73	9,90
20	6	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	31,26	14,50
21	6	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	25,78	17,50
22	6	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	15,28	14,30
23	6	Lauraceae	Nectandra	Nectandra reflexa Rohwer	0,4530	6,37	14,70
24	6	Caricaceae	Jacaratia	Jacaratia digitata (Poepp. & Endl.) Solms	0,2650	73,21	21,20



25	6	Burseraceae	Protium	Protium sagotianum Marchand	0,5575	35,97	25,40
1	7	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4650	13,27	11,40
2	7	Rubiaceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	11,97	10,30
3	7	Euphorbiaceae	Croton	Croton tessmannii Mansf.	0,3900	20,66	23,50
4	7	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	11,05	10,50
5	7	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	16,39	15,20
6	7	Urticaceae	Cecropia	Cecropia engleriana Snethl. vel sp. aff.	0,4900	13,75	19,60
7	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,73	13,50
8	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,14	11,70
9	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,69	14,70
10	7	Lecythidaceae	Eschweilera	Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori	0,8520	28,78	18,30
11	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,05	16,40
12	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	25,97	18,30
13	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,17	10,70
14	7	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	41,06	25,90
15	7	Fabaceae	Macrolobium	Macrolobium gracile Spruce ex Benth.	0,6140	26,42	16,30
16	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,42	20,00
17	7	Nyctaginaceae	Neea	Neea divaricata Poepp. & Endl.	0,4900	15,98	13,80
18	7	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	35,01	18,10
19	7	Burseraceae	Trattinnickia	Trattinnickia boliviana (Swart) Daly	0,4239	22,28	22,80
20	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,89	15,10
21	7	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	18,14	17,50
22	7	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,22	12,80
23	7	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum	Sterigmapetalum obovatum Kuhlmann	0,7700	27,06	24,90
24	7	Vochysaceae	Vochysia	Vochysia biloba Ducke	0,4550	21,71	21,90
25	7	Sapotaceae	Pouteria	Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	0,9000	17,19	20,30
1	8	Euphorbiaceae	Croton	Croton tessmannii Mansf.	0,6500	28,30	22,30
2	8	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	30,37	14,80
3	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,14	16,70
4	8	Myristicaceae	Viola	Viola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	24,38	14,90
5	8	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira obtusa (Benth.) J.D.Mitch.	0,2927	16,81	14,80

6	8	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	12,73	12,50
7	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,05	17,90
8	8	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	10,82	8,30
9	8	Calophyllaceae	Marila	Marila tomentosa Poepp.	0,6500	21,96	16,40
10	8	Vochysaceae	Qualea	Qualea amoena Ducke	0,5450	16,93	17,70
11	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,83	19,20
12	8	Fabaceae	Ormosia	Ormosia amazonica Ducke	0,5900	20,37	16,10
13	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,79	16,60
14	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,82	9,00
15	8	Lauraceae	Aniba	Aniba guianensis Aubl. Vel sp. aff.	0,5200	17,51	15,60
16	8	Sapindaceae	Talisia	Talisia carinata Radlk.	0,8274	16,23	19,70
17	8	Sapotaceae	Pouteria	Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	0,9000	21,01	20,70
18	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,60	17,10
19	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,32	13,60
20	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,82	15,90
21	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,10	14,40
22	8	Salicaceae	Laetia	Laetia procera (Poepp.) Eichler	0,6481	21,33	24,50
23	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	24,51	20,30
24	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,37	15,30
25	8	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	24,19	19,20
1	9	Burseraceae	Protium	Protium sagotianum Marchand	0,4530	21,65	19,00
2	9	Fabaceae	Macrolobium	Macrolobium gracile Spruce ex Benth.	0,6140	11,59	12,00
3	9	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,67	18,90
4	9	Annonaceae	Guatteria	Guatteria guentheri Diels	0,5400	39,57	17,80
5	9	Urticaceae	Cecropia	Cecropia engleriana Snethl. vel sp. aff.	0,4900	26,67	<b>19,60</b>
6	9	Fabaceae	Inga	Inga alba (Sw.) Willd.	0,5861	18,14	16,70
7	9	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,05	12,90
8	9	Malvaceae	Huberodendrom	Huberodendrom swietenoides (Gleason) Ducke	0,5630	29,28	19,90
9	9	Araliaceae	Dendropanax	Dendropanax Macropodus (Harms) Harms	0,6500	14,74	15,60
10	9	Moraceae	Perebea	Perebea guianensis Aubl.	0,5600	23,08	16,60
11	9	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,92	20,10

12	9	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	11,20	9,40
13	9	Urticaceae	Pourouma	Pourouma mollis Trécul	0,3900	37,94	19,40
14	9	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,82	15,00
15	9	Burseraceae	Protium	Protium amazonicum (Cuatrec.) Daly. vel sp. aff.	0,5990	19,10	14,00
16	9	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,41	10,90
17	9	Burseraceae	Protium	Protium trifoliolatum Engl. vel sp. aff	0,6850	17,51	18,60
18	9	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	14,45	18,50
19	9	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	12,41	11,90
20	9	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	10,89	12,70
21	9	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	34,38	25,00
22	9	Rubiaceae	Calycophyllum	Calycophyllum megistocaulum (K. Krause) CM Taylor	0,7197	13,05	16,60
23	9	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,77	18,40
24	9	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	47,75	23,90
25	9	Dichapetalaceae	Tapura	Tapura peruviana K. Krause	0,6402	10,82	14,20
1	10	Myristicaceae	Virola	Virola decorticans Ducke	0,4800	18,68	18,00
2	10	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	23,17	19,40
3	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,60	14,00
4	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,06	14,80
5	10	Chrysobalanaceae	Hirtella	Hirtella racemosa var. hexandra (Willd. ex Schult.) Prance. vel sp. aff.	0,7817	12,00	10,60
6	10	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	23,24	13,60
7	10	Moraceae	Clarisia	Clarisia biflora Ruiz & Pav.	0,4746	27,69	17,50
8	10	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	13,37	13,10
9	10	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	15,69	12,00
10	10	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	17,76	18,10
11	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,60	18,70
12	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,36	16,20
13	10	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	18,59	11,50
14	10	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	26,42	17,90
15	10	Burseraceae	Tetragastris	Tetragastris panamensis (Engl.) Kuntze	0,7173	16,55	13,30
16	10	Capparaceae	Capparis	Capparis schunkei J.F. Macbr.	0,6500	20,69	16,20

17	10	Euphorbiaceae	Croton	Croton tessmannii Mansf.	0,3900	16,33	16,40
18	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,60	15,60
19	10	Fabaceae	Inga	Inga alba (Sw.) Willd.	0,5861	29,38	22,20
20	10	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia macrophylla Trécul	0,6600	27,76	24,70
21	10	Siparunaceae	Siparuna	Siparuna bifida (Poepp. & Endl.) A. DC.	0,6618	13,05	14,70
22	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,14	16,50
23	10	Fabaceae	Cedrelinga	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	0,5038	27,69	20,80
24	10	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,41	16,10
25	10	Sapotaceae	Pouteria	Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	0,9000	26,42	19,70
1	11	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,3725	11,27	9,80
2	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,57	16,60
3	11	Lauraceae	Beilschmiedia	Beilschmiedia tovarensis (Klotzsch y H.Karst. Meisn ex.) Sachiko Nishida	0,5433	16,65	12,10
4	11	Moraceae	Brosimum	Brosimum utile (Kunth) Oken	0,5100	16,33	15,70
5	11	Moraceae	Perebea	Perebea guianensis Aubl.	0,5600	29,79	18,90
6	11	Urticaceae	Cecropia	Cecropia engleriana Sneathl. vel sp. aff.	0,4900	21,65	14,60
7	11	Combretaceae	Buchenavia	Buchenavia macrophylla Spruce ex Eichler	0,7300	11,46	11,80
8	11	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	11,46	9,20
9	11	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx sterculioides (Standl.) Kainul. & B. Bremer	0,6500	11,62	9,30
10	11	Moraceae	Naucleopsis	Naucleopsis krukovii (Standl.) C.C. Berg	0,6510	14,04	11,30
11	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,55	17,70
12	11	Salicaceae	Casearia	Casearia ulmifolia Vahl ex Vent. vel sp. aff	0,6550	25,50	9,20
13	11	Malvaceae	Apeiba	Apeiba aspera Aubl.	0,3090	33,14	18,10
14	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,37	14,20
15	11	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	23,87	20,80
16	11	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	12,10	15,70
17	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	24,83	18,30
18	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,15	14,00
19	11	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	17,63	16,00
20	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,46	18,00
21	11	Chrysobalanaceae	Parinari	Parinari klugii Prance	0,6800	16,87	1,4

22	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,78	14,70
23	11	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	40,11	13,70
24	11	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	39,79	23,80
25	11	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,96	20,40
1	12	Lauraceae	Nectandra	Nectandra reflexa Rohwer	0,5038	14,99	17,40
2	12	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	37,50	21,40
3	12	Lecythidaceae	Eschweilera	Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori	0,8520	16,65	11,40
4	12	Fabaceae	Hymenaea	Hymenaea oblongifolia Huber	0,7367	26,13	18,10
5	12	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	31,32	21,80
6	12	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	16,55	13,00
7	12	Fabaceae	Inga	Inga alba (Sw.) Willd.	0,5861	21,96	20,50
8	12	Moraceae	Ficus	Ficus maxima Mill.	0,3670	24,19	18,50
9	12	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	26,99	13,40
10	12	Elaeocarpaceae	Sloanea	Sloanea fragrans Rusby. vel sp. aff.	0,4700	11,14	12,30
11	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,28	18,50
12	12	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	23,33	15,70
13	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,44	16,70
14	12	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira obtusa (Benth.) J.D.Mitch.	0,2927	22,60	17,40
15	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,45	14,10
16	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,69	20,50
17	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,14	15,30
18	12	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	16,23	15,70
19	12	Fabaceae	Parkia	Parkia panurensis Benth. ex HC Hopkins	0,4549	38,83	25,40
20	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,42	19,80
21	12	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	21,96	19,00
22	12	Urticaceae	Pourouma	Pourouma cecropiifolia Mart.	0,3557	16,55	17,00
23	12	Fabaceae	Inga	Inga venusta Standl. vel sp. aff.	0,5793	17,19	18,50
24	12	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,19	16,10
25	12	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	13,37	12,70
1	13	Melastomataceae	Henriettea	Henriettea sylvestris (Gleason) J.F. Macbr.	0,5400	25,85	25,30
2	13	Burseraceae	Protium	Protium tenuifolium (Engl.) Engl.	0,5700	11,05	14,90

3	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,04	14,00
4	13	Nyctaginaceae	Neea	Neea divaricata Poepp. & Endl.	0,4900	14,45	10,40
5	13	Hypericaceae	Vismia	Vismia amazonica Ewan vesp. aff.	0,6500	16,58	16,60
6	13	Urticaceae	Cecropia	Cecropia engleriana Sneathl. vel sp. aff.	0,4900	15,60	21,00
7	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,74	19,40
8	13	Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea glandulosa Poepp.	0,3725	24,51	15,10
9	13	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	14,64	14,60
10	13	Calophyllaceae	Marila	Marila tomentosa Poepp.	0,6500	23,62	18,00
11	13	Moraceae	Helicostylis	Helicostylis tomentosa (Poepp. & Endl.) Rusby	0,6266	31,70	21,20
12	13	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	13,50	11,60
13	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,87	9,90
14	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,80	20,90
15	13	Elaeocarpaceae	Sloanea	Sloanea fragrans Rusby. vel sp. aff.	0,4700	14,64	15,60
16	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,65	24,40
17	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,10	16,40
18	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,69	16,50
19	13	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	25,46	17,90
20	13	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia macrophylla Trécul	0,6600	28,07	19,30
21	13	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	15,92	16,70
22	13	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	20,37	16,40
23	13	Rubiaceae	Calycophyllum	Calycophyllum megistocaulum (K. Krause) CM Taylor	0,7197	29,92	26,20
24	13	Burseraceae	Tetragastris	Tetragastris panamensis (Engl.) Kuntze	0,7173	16,23	24,20
25	13	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,51	27,0
1	14	Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea glandulosa Poepp.	0,5038	29,83	16,90
2	14	Myristicaceae	Osteophloeum	Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.	0,4659	26,83	19,70
3	14	Lauraceae	Beilschmiedia	Beilschmiedia towarensis (Klotzsch y H.Karst. Meisn ex.) Sachiko Nishida	0,5433	39,82	22,60
4	14	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	38,80	26,20
5	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,51	8,12
6	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,65	17,20
7	14	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	29,92	21,10

8	14	Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea glandulosa Poepp.	0,3725	37,24	22,50
9	14	Myrtaceae	Eugenia	Eugenia egensis DC.	0,7365	23,30	13,40
10	14	Fabaceae	Inga	Inga brachyrhachis Harms. vel sp. Aff.	0,5793	34,38	24,90
11	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,41	14,70
12	14	Sapotaceae	Micropholis	Micropholis guyanensis Subsp. Guyanensis	0,6572	36,00	19,40
13	14	Melastomataceae	Miconia	Miconia indet indet	0,6242	10,66	11,40
14	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,65	16,00
15	14	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	11,46	22,0
16	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,46	13,80
17	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,96	17,20
18	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,14	16,80
19	14	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	22,92	23,20
20	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,37	14,70
21	14	Bignoniaceae	Jacaranda	Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don	0,3507	31,74	22,90
22	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,78	22,40
23	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,46	17,00
24	14	Burseraceae	Tetragastris	Tetragastris panamensis (Engl.) Kuntze	0,7173	29,28	20,50
25	14	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,64	13,80
1	15	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,4700	10,65	10,20
2	15	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	18,72	14,40
3	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,74	20,40
4	15	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	15,44	19,40
6	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,28	13,60
7	15	Euphorbiaceae	Sapium	Sapium laurifolium (A.Rich.) Griseb.	0,4700	27,69	23,30
8	15	Siparunaceae	Siparuna	Siparuna bifida (Poepp. & Endl.) A. DC.	0,6618	14,32	15,70
9	15	Sapotaceae	Pouteria	Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	0,9000	36,16	27,50
10	15	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	15,06	11,60
11	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,63	14,30
12	15	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	20,50	13,60
13	15	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	12,96	10,50
14	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,28	16,60

15	15	Myristicaceae	Viola	Viola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	38,20	19,10
16	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,51	21,0
17	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,14	16,00
18	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,39	14,40
19	15	Moraceae	Clarisia	Clarisia biflora Ruiz & Pav.	0,4746	14,16	6,10
20	15	Burseraceae	Dacryodes	Dacryodes nitens Cuatrec.	0,4900	26,23	22,50
21	15	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	26,10	23,80
22	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,60	18,70
23	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,92	17,00
24	15	Urticaceae	Pourouma	Pourouma bicolor Mart.	0,3100	35,01	20,60
25	15	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	27,69	19,40
2	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,89	13,60
3	16	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	15,02	18,30
4	16	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	25,02	24,60
6	16	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	21,96	14,00
7	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	27,37	19,00
8	16	Fabaceae	Andira	Andira surinamensis (Bondt) Splitg. ex Pulle	0,7523	29,92	26,10
9	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,78	15,30
10	16	Burseraceae	Trattinnickia	Trattinnickia boliviana (Swart) Daly	0,4239	15,92	22,90
11	16	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	12,06	11,20
12	16	Violaceae	Leonia	Leonia glycyarpa Ruiz & Pav.	0,6000	17,00	15,40
13	16	Burseraceae	Protium	Protium sagotianum Marchand	0,5575	32,79	24,00
14	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,64	20,30
15	16	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	16,55	13,60
16	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,32	15,50
17	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,01	12,90
18	16	Araliaceae	Schefflera	Schefflera morototoni (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	0,4540	14,32	16,00
19	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	25,46	16,20
21	16	Salicaceae	Laetia	Laetia procera (Poepp.) Eichler	0,6481	17,51	19,50
22	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,74	23,50
23	16	Moraceae	Ficus	Ficus maxima Mill.	0,3670	13,37	12,70



24	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,22	20,90
25	16	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,32	15,60
2	17	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	12,57	13,80
4	17	Fabaceae	Platymiscium	Platymiscium pinnatum sub.sp. pinnatum. vel sp. aff.	0,7370	17,57	20,50
6	17	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,05	16,80
7	17	Apocynaceae	Tabernaemontana	Tabernaemontana sananho Ruiz & Pav.	0,5530	11,14	7,30
8	17	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	35,01	17,30
9	17	Nyctaginaceae	Neea	Neea divaricata Poepp. & Endl.	0,4900	13,02	7,90
10	17	Myristicaceae	Virola	Virola decorticans Ducke	0,4650	17,19	24,40
11	17	Lecythidaceae	Eschweilera	Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori	0,8520	18,81	21,00
12	17	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	34,12	20,60
13	17	Myristicaceae	Virola	Virola decorticans Ducke	0,4650	11,78	12,10
14	17	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,21	15,30
15	17	Urticaceae	Cecropia	Cecropia engleriana Snethl. vel sp. aff.	0,4900	12,41	17,00
16	17	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,46	15,70
17	17	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,32	16,60
18	17	Urticaceae	Pourouma	Pourouma cecropiifolia Mart.	0,3557	13,69	16,50
19	17	Rubiaceae	Calycophyllum	Calycophyllum megistocaulum (K. Krause) CM Taylor	0,7197	13,43	16,70
21	17	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	18,78	14,10
22	17	Burseraceae	Tetragastris	Tetragastris panamensis (Engl.) Kuntze	0,7173	25,15	22,80
23	17	Sapindaceae	Talisia	Talisia carinata Radlk.	0,8274	18,78	22,70
24	17	Euphorbiaceae	Croton	Croton tessmannii Mansf.	0,3900	20,69	17,40
25	17	Burseraceae	Protium	Protium sagotianum Marchand	0,5575	13,46	11,40
2	18	Myrtaceae	Myrcia	Myrcia guianensis(Aubl.) DC.	0,8010	10,65	10,65
6	18	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	16,23	13,40
7	18	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	11,78	9,50
8	18	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	36,48	26,80
9	18	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6081	34,19	23,70
10	18	Fabaceae	Pterocarpus	Pterocarpus rorhrii Valh	0,4270	21,96	22,90
11	18	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,28	18,40
13	18	Violaceae	Leonia	Leonia glycyarpa Ruiz & Pav.	0,6000	26,42	16,60

14	18	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,41	16,40
16	18	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,94	12,00
17	18	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,28	15,90
19	18	Fabaceae	Cedrelinga	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	0,5038	10,54	13,40
21	18	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	12,41	18,80
22	18	Fabaceae	Macrolobium	Macrolobium gracile Spruce ex Benth.	0,6140	21,33	24,20
23	18	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	28,97	24,40
24	18	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	37,88	20,30
25	18	Fabaceae	Pseudopiptadenia	Pseudopiptadenia suaveolens (Miq.) J.W. Grimes	0,6800	13,37	14,70
2	19	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevigata Trécul	0,6290	10,06	17,25
6	19	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia macrophylla Trécul	0,6600	24,51	16,50
7	19	Malvaceae	Sterculia	Sterculia apeibophylla Ducke	0,4700	36,19	24,10
9	19	Melastomataceae	Graffenrieda	Graffenrieda indet indet	0,6500	18,46	14,70
10	19	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	14,96	15,70
13	19	Moraceae	Maquira	Maquira guianensis Aubl.	0,7660	14,96	16,90
14	19	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	20,72	14,70
16	19	Apocynaceae	Rauvolfia	Rauvolfia leptophylla A.S.Rao	0,4952	20,69	13,60
17	19	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,83	14,90
21	19	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	13,05	15,30
22	19	Burseraceae	Protium	Protium grandifolium Engl. vel sp. aff	0,6380	14,01	16,60
23	19	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	35,33	22,00
24	19	Malvaceae	Apeiba	Apeiba aspera Aubl.	0,3090	28,65	20,20
25	19	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	12,73	34,0
6	20	Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea glandulosa Poepp.	0,3725	13,75	12,70
7	20	Moraceae	Ficus	Ficus maxima Mill.	0,3670	23,87	19,20
9	20	Clusiaceae	Symphonia	Symphonia globulifera L. f.	0,6190	10,83	13,30
10	20	Lauraceae	Nectandra	Nectandra reflexa Rohwer	0,4530	10,82	18,0
13	20	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia punctata (Desr.) D. Don ex DC.</i>	0,6242	12,73	12,30
14	20	Malvaceae	Apeiba	Apeiba membranacea Spruce ex Benth.	0,2000	37,97	23,80
16	20	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,50	12,10
17	20	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,65	19,70

21	20	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	20,37	19,20
22	20	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,96	16,20
23	20	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	14,01	11,90
24	20	Olacaceae	Chaunochiton	Chaunochiton kappleri (Sagot ex Engl.) Ducke	0,5220	14,64	12,70
25	20	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	40,11	19,20
6	21	Caricaceae	Jacaratia	Jacaratia digitata (Poepp. & Endl.) Solms	0,2650	15,72	17,10
7	21	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	12,41	10,20
13	21	Rubiaceae	Schizocalyx	Schizocalyx peruvianus (K. Krause) Kainul. & B. Bremer	0,6500	17,83	20,00
14	21	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	25,15	23,70
16	21	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	14,64	15,8
17	21	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,05	12,80
21	21	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	14,64	16,70
22	21	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia macrophylla Trécul	0,6600	28,65	21,70
23	21	Lauraceae	Nectandra	Nectandra pulverulenta Nees	0,4530	28,97	19,70
24	21	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,37	13,60
25	21	Sapindaceae	Talisia	Talisia carinata Radlk.	0,8274	26,42	38,0
6	22	Melastomataceae	Bellucia	Bellucia pentamera Naudin	0,5400	12,99	21,40
7	22	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,73	11,70
13	22	Lecythidaceae	Eschweilera	Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori	0,8520	11,46	11,10
14	22	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	17,25	16,60
16	22	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,92	13,30
17	22	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,74	14,10
21	22	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	25,46	19,00
22	22	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	44,56	24,30
23	22	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	13,50	10,11
24	22	Olacaceae	Chaunochiton	Chaunochiton kappleri (Sagot ex Engl.) Ducke	0,5220	23,24	20,30
6	23	Urticaceae	Cecropia	Cecropia sciadophylla Mart.	0,3868	20,69	14,50
13	23	Myristicaceae	Otoba	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry	0,4258	14,01	13,70
14	23	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,79	24,30
16	23	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,87	18,00
17	23	Urticaceae	Pourouma	Pourouma minor Benoist	0,4360	14,96	12,00

21	23	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	25,78	16,80
22	23	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,46	19,00
23	23	Moraceae	Pseudolmedia	Pseudolmedia laevis (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	0,6185	17,19	17,80
24	23	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	47,75	15,90
13	24	Myristicaceae	Virola	Virola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.	0,5867	17,83	16,50
14	24	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,48	15,30
16	24	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,55	18,00
17	24	Siparunaceae	Siparuna	Siparuna bifida (Poepp. & Endl.) A. DC.	0,6618	11,94	13,20
21	24	Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.	0,4570	14,01	21,50
22	24	Moraceae	Brosimum	Brosimum rubescens Taub.	0,8250	23,24	23,40
24	24	Moraceae	Batocarpus	Batocarpus orinocensis H. Karst.	0,6500	19,42	13,50
14	25	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	18,91	14,80
16	25	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	15,02	15,20
17	25	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	22,28	17,90
21	25	Rubiaceae	Psychotria	Psychotria levis (Standl.) CM Taylor	0,6500	17,51	19,10
22	25	Euphorbiaceae	Hevea	Hevea guianensis Aubl.	0,5710	14,96	18,70
14	26	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,70	16,30
16	26	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	10,50	13,00
21	26	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	16,87	13,50
14	27	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	20,69	18,80
16	27	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	17,19	17,80
14	28	Sapotaceae	Pouteria	Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	0,9000	16,23	13,50
16	28	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	19,23	19,90
14	29	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	11,46	13,50
16	29	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	13,37	20,40
16	30	Myristicaceae	Osteophloeum	Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.	0,4659	37,88	21,80
16	31	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	21,65	23,10
16	32	Euphorbiaceae	Senefeldera	Senefeldera inclinata Müll. Arg.	0,7000	12,10	10,20
16	33	Burseraceae	Protium	Protium trifoliolatum Engl. vel sp. aff	0,6850	10,82	17,80
16	34	Burseraceae	Protium	Protium grandifolium Engl. vel sp. aff	0,6380	12,41	14,00
16	35	Malvaceae	Theobroma	Theobroma subincanum Mart.	0,4700	10,70	16,20

## ANEXO 3

Lista de especies identificadas por el herbario Selva Central-Oxapampa-OXA, del Jardín botánico de Missouri.

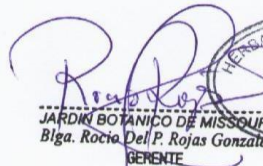

## CONSTANCIA

La que suscribe Curador del Herbario Selva Central Oxapampa - HOXA, del Jardín Botánico de Missouri, deja constancia:

Que, el Ing. Yahn Carlos Soto Shareva, ha realizado identificaciones de muestras botánicas en el Herbario HOXA, correspondiente al Proyecto de Tesis: "**Biomasa aérea y composición florística en dos parcelas permanentes de medición (PPM) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María**", del Bachiller **LUIS ENRIQUE SOTO SHAREVA**, alumno de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Mención Forestales.

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

Oxapampa, 20 de setiembre del 2016

  
  
 JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI OXAPAMPA  
 Biga. Rocío Del P. Rojas Gonzales  
 GERENTE

\* se adjunta la lista de especies identificadas

Lista de especies - Proyecto de Tesis "**Biomasa aérea y composición florística en dos parcelas permanentes de medición (PPM) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María**"

FAMILY	TAXON NAME	
ANACARDIACEAE	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl. <i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	<i>Dacryodes nitens</i> Cuatrec. <i>Protium amazonicum</i> (Cuatrec.) Daly. vel sp. aff. <i>Protium grandifolium</i> Engl. vel sp. Aff
APOCYNACEAE	<i>Rauvolfia leptophylla</i> A.S.Rao <i>Tabernaemontana sananho</i> Ruiz & Pav.	BURSERACEAE <i>Protium sagotianum</i> Marchand <i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl.
ARALIACEAE	<i>Dendropanax Macropodus</i> (Harms) Harms vel sp. aff.	<i>Protium trifoliatum</i> Engl. vel sp. Aff <i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze
BORAGINACEAE	<i>Cordia hebeclada</i> I.M.Johnst. vel sp. aff. <i>Cordia ucayalensis</i> (I.M.Johnst.) I.M.Johnst. vel sp. aff.	<i>Trattinnickia boliviana</i> (Swart) Daly CAPPARACEAE <i>Capparis schunkei</i> J.F.Macbr.

## ANEXO 3

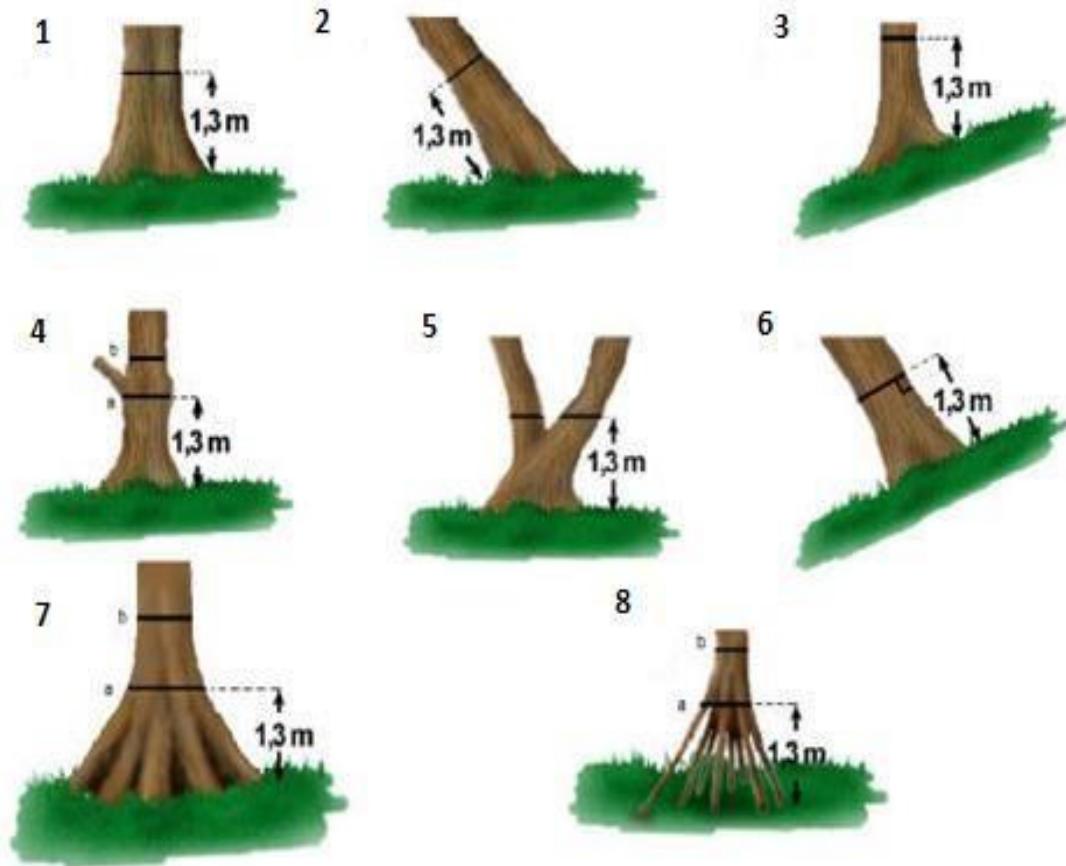
del

CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella racemosa</i> var. <i>hexandra</i> (Willd. ex Schult.) Prance, vel sp. aff.	<i>Ficus casapiensis</i> (Miq.) Miq. vel sp. aff.
COMBRETACEAE	<i>Parinari klugii</i> Prance <i>Buchenavia macrophylla</i> Spruce ex Eichler	<i>Ficus maxima</i> Mill. <i>Maquira guianensis</i> Aubl. <i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg
DICHAPETALACEAE	<i>Tapura peruviana</i> K. Krause	<i>Perebea guianensis</i> Aubl.
ELAEOCARPACEAE	<i>Sloanea fragrans</i> Rusby, vel sp. aff.	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul <i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. <i>Croton tessmannii</i> Mansf.	<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul <i>Osteophloeum platyspermum</i> (Spruce ex A.DC.) Warb. <i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram. <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry
FABACEAE	<i>Mabea piriri</i> Aubl. <i>Sapindus laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb. <i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Müll. Arg. <i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Pulle <i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber <i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke <i>Inga brachyrhachis</i> Harms, vel sp. aff. <i>Inga venusta</i> Standl. vel sp. aff. <i>Ormosia amazonica</i> Ducke <i>Platymiscium pinnatum</i> sub.sp. pinnatum, vel sp. aff. <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.W. Grimes <i>Pterocarpus rohrrii</i> Valh <i>Vatairea erithrocarpa</i> (Ducke) Ducke	MYRISTICACEAE <i>Virola decorticans</i> Ducke <i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A.C. Sm.
HYPERICACEAE	<i>Vismia amazonica</i> Ewan vel sp. aff.	MYRTACEAE <i>Eugenia egensis</i> DC.
LAURACEAE	<i>Aniba guianensis</i> Aubl. vel sp. aff. <i>Beilschmiedia towarensis</i> (Klotzsch y H. Karst. Meisn ex.) Sachiko Nishida <i>Nectandra pulverulenta</i> Nees <i>Nectandra reflexa</i> Rohwer	NYCTAGINACEAE <i>Neea macrophylla</i> Poepp. & Endl. vel sp. aff. OLACACEAE <i>Chaunochiton kappleri</i> (Sagot ex Engl.) Ducke PHYLLANTHACEAE <i>Hieronyma oblonga</i> (Tul.) Müll. Arg.
LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	RHIZOPHORACEAE <i>Sterigmopetalum obovatum</i> Kuhlth.
MALVACEAE	<i>Apeiba aspera</i> Aubl. <i>Huberodendrom swietenoides</i> (Gleason) Ducke <i>Sterculia apeibophylla</i> Ducke <i>Theobroma subincanum</i> Mart. <i>Bellucia pentamera</i> Naudin	RUBIACEAE <i>Capirona decorticans</i> Spruce <i>Chimarrhis Hookeri</i> K. Schum. vel sp. aff. <i>Warszewiczia indet</i>
MELASTOMACEAE	<i>Graffenrieda indet</i> <i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don ex DC. <i>Miconia indet</i> <i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	SALICACEAE <i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent. vel sp. aff.
MORACEAE	<i>Brosimum rubescens</i> Taub. <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken <i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	SAPINDACEAE <i>Talisia carinata</i> Radlk.
		SAPOTACEAE <i>Pouteria cuspidata</i> (A.DC.) Baehni <i>Pouteria cuspidata</i> (A.DC.) Baehni
		ULMACEAE <i>Ampelocera edentula</i> Kuhlth. <i>Cecropia engleriana</i> Smetl. vel sp. aff. <i>Coussapoa orthoneura</i> Standl.
		URTICACEAE <i>Pourouma bicolor</i> Mart. <i>Pourouma cecropifolia</i> Mart. <i>Pourouma mollis</i> Trécul
		VIOLACEAE <i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.
		VOCHYSACEAE <i>Vochysia biloba</i> Ducke



## ANEXO 4

Métodos de medición el Dap: (7 y 8) Tronco abombado o aletones; (5) Tallo múltiple o bifurcado; (2, 3, 6) Tronco inclinado; (4) tronco con deformación.



Fuente: adaptado de Schlegel *et al* (2001).

## ANEXO 5

### Panel fotográfico



Equipo de evaluación en la parcela permante del BRUNAS



Evaluación del Dap del árbol





Codificación de los árboles en la parcela permanente



Rafidos y división de las subparcelas de evaluación



Codificación de los nuevos individuos (reclutas) en la parcela permanente



Muestreo botánico e identificación de la especie en el laboratorio, nuevos individuos encontrados en la parcela permanente.

## **NOTA BIOGRAFICA**

Casiano Aguirre Escalante nació en el distrito de Cangallo, departamento Ayacucho el 13 de agosto de 1958, se graduó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en 1987 en la Facultad de Recursos Naturales Renovables, es Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, CIP N° 34301, con grado de Magister Scientiae, Especialidad Conservación de Recursos Forestales, estudios de maestría concluido en Biodiversidad y Agricultura Campesina Andina Amazónica, Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tiene 30 años de experiencia en docencia Universitaria, de los cuales 17 años como profesor principal, cursos académicos a su cargo: Silvicultura, Ordenación de Bosques, Antropología Rural y Amazónica. Docente en la Escuela Posgrado UNAS, cursos: Ecología, Manejo, Política y Gobernanza de Bosques. Ha sido Decano de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Director de la Escuela profesional de Ingeniería en Recursos Natrales Renovables y Coordinador de la mención Gestión de Bosques Tropicales de la Maestría en Ciencias Agroecología. En el sector de organizaciones indígenas, participó como consultor en gestión de los recursos naturales y gobernanza de los territorios indígenas, elaboró estudios técnicos para el establecimiento de las Reservas Territoriales para pueblos en aislamiento voluntario y Reservas Comunales. Con capacitación en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en manejo diversificado de bosques naturales tropicales y cadenas de valor.

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso - Cayhuayna  
Teléfono 514760 -Pag. Web. www.posgrado.unheval.edu.pe

ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado; siendo las 11:00 h, del día jueves 17 DE ENERO DE 2019; el aspirante al Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Casiano AGUIRRE ESCALANTE, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: "RASGO FUNCIONALES DE LOS ÁRBOLES DE BOSQUE DE MONTAÑA FAVORECEN LA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES A LOS RIESGOS AMBIENTALES EN EL BOSQUE RESERVADO UNAS- TINGO MARÍA", ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

Dr. Abner FONSECA LIVIAS	Presidente
Dr. Pedro CÓRDOVA TRUJILLO	Secretario
Dra. Digna MANRIQUE DE LARA SUÁREZ	Vocal
Dr. Santos JACOBO SALINAS	Vocal
Dr. Ciro LAZO SALCEDO	Vocal

Asesor de Tesis: Dr. Erasmo SANTILLÁN OLIVA (Resolución N° 01350-2017-UNHEVAUEPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

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

- a) Presentación personal.
- b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los acortes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y Recomendaciones.
- e) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- d) Dicción y dominio de escenario.

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

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de 11 te. (1) te.  
Equivalente a 11 (2) te., por lo que se declara 11 (Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado firman el presente ACTA en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 11 horas del 17 de enero de 2019.

(

Rio  
DNIN° Z.Z.c;t,r2.t...C.c

DNIN° b.i~;~!i:0/...fJj...

DNIN 22~~11J...?-tf:

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

(R930/uciónM" 0130-2019-UNHEVALIEPG-D)

Av. ti~ tfJf-ótJJ- t,,:!M-.t.u.:t- P4d/M. VCKl "A"U~  
Tdlf. S11il60

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE POSGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos del autor de la tesis)

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

DNI: 01-136712. Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfonos Casa \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Oficina \_\_\_\_\_

2. IDENTIFICACION DE LA TESIS

Posgrado

Doctorado:

Grado Académico obtenido:

¿..b4 ~ Áe;rM o& 6:t:tk I ~ ~ Á ~ ~ 'J'"  
~ J ~ e .J & ;r-...

Tipo de acceso que autoriza el autor:

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción de Acceso
<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible el documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no al texto comoletto.

Al elegir la opción "Público" a través de la presente autorizo de manera gratuita al Repositorio Institucional - UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que dicha autorización cualquiera 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.

En caso haya marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso: \_\_\_\_\_

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

1 año       2 años       3 años       4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasara a ser de acceso público.

Fecha de firma: ;j.0/ t!~Ú.J. .