

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE ESPECIES DOMINANTES  
USANDO SISTEMA INTEGRADO FIELD MAP EN LA PARCELA  
PERMANENTE DE MONITOREO N° 4 DEL BOSQUE  
RESERVADO UNAS TINGO MARÍA**

**TESIS**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Presentado por:**

**MARVIN ALI LAGO GUIZADO**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

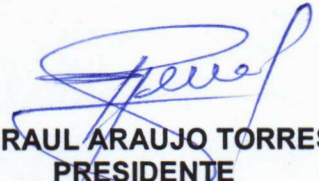
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 01 de Marzo del 2019, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### **“ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE ESPECIES DOMINANTES USANDO SISTEMA INTEGRADO FIELD MAP EN LA PARCELA PERMANENTE DE MONITOREO Nº 4 DEL BOSQUE RESERVADO UNAS TINGO MARIA”**


Presentado por el Bachiller: **MARVIN ALI LAGO GUIZADO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

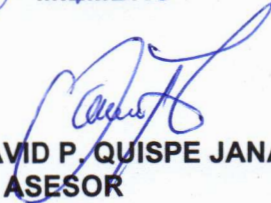
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 04 de Setiembre del 2019

  
Ing. RAUL ARAUJO TORRES  
PRESIDENTE

  
Ing. JORGE BIRINO ALVAREZ MELO  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. WILFREDO TELLO ZEVALLOS  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. DAVID P. QUISPE JANAMPA  
ASESOR



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



#### ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE ESPECIES DOMINANTES USANDO SISTEMA INTEGRADO FIELD MAP EN LA PARCELA PERMANENTE DE MONITOREO N° 4 DEL BOSQUE RESERVADO UNAS TINGO MARÍA

<b>Autor</b>	: Marvin Ali LAGO GUIZADO
<b>Asesor(es)</b>	: M.Sc. Ing. QUISPE JANAMPA, David. M.Sc. Ing. AGUIRRE ESCALANTE, Casiano.
<b>Programa de investigación</b>	: Gestión de bosque y plantaciones forestales.
<b>Línea de investigación</b>	: Biodiversidad en ecosistemas forestales.
<b>Eje temático de investigación</b>	: Ecología y restauración forestal.
<b>Lugar de ejecución</b>	: Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María.
<b>Duración de trabajo</b>	: Fecha de inicio: 31 de enero del 2018 Término: 31 de julio del 2018
<b>Financiamiento</b>	: Propio (5509.9 soles)

## DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza de siempre,  
permitiéndome llegar a este momento  
tan especial. La vida es un regalo de  
Dios.

A mi madrecita Octavia Guizado  
Salazar por haberme apoyado en todo  
momento, por sus consejos, sus  
valores, por la motivación constante  
que me ha permitido ser una persona  
de bien.

A mi querida hermana Liz Lago por su  
comprensión y apoyo incondicional  
durante toda mi vida y a mi hermana  
Amilet Cueva.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal que contribuyó en mi formación profesional

A los Ing. MSc. Casiano Aguirre Escalante, Ing. MSc. David Quispe Janampa asesores del presente trabajo de investigación, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución de la tesis.

A MapGeosolution y GITEC en especial al Ing. Jorge Mattos Olavarría por su patrocinio con la Tecnología Field Map.

Al Grupo Field Map: Joel Valdivia, Rubí Ríos, Mery Cacha, Mirza Escalante por el apoyo incondicional para la evaluación y registro de datos de la PPM 4 en el BRUNAS.

A mis amigos, Fiorella López, Julianna Chávez, Williams Rodríguez, Jimmy Panez, Wilfredo Tsamash y demás amistades de la Universidad.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Parcela permanente de monitoreo .....	4
2.2. Forma y tamaño de las parcelas .....	4
2.3. Tamaño y ubicación de la muestra.....	4
2.4. Variables dasonómicas .....	6
2.4.1. Diámetro del fuste .....	6
2.4.2. Área basal .....	6
2.4.3. Altura comercial.....	7
2.4.4. Altura total .....	7
2.5. Composición florística .....	7
2.6. Índice de valor de importancia (IVI).....	9
2.6.1. Frecuencia.....	11
2.6.2. Abundancia .....	11
2.6.3. Dominancia .....	12
2.7. Relación entre variables de una misma especie .....	13
2.7.1. Altura comercial.....	13

2.7.2.	Altura total .....	14
2.8.	Modelos alométricos de las especies forestales.....	16
2.9.	Tecnología Field Map.....	17
2.9.1.	Características de la tecnología Field Map .....	18
2.9.2.	Aplicación en el Perú.....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1.	Lugar de ejecución.....	20
3.1.1.	Ubicación política .....	20
3.1.2.	Zona de vida.....	21
3.1.3.	Clima .....	21
3.1.4.	Fisiografía y altitud .....	21
3.1.5.	Descripción de lugar.....	22
3.2.	Materiales y equipos .....	22
3.2.1.	Material de campo .....	22
3.2.2.	Hardware Field Map .....	23
3.2.3.	Software Field Map.....	23
3.3.	Criterio de investigación .....	23
3.3.1.	Tipo de investigación .....	23
3.4.	Metodología .....	23

3.4.1.	Para la determinación del índice de valor de importancia	23
3.4.2.	Para determinar las ecuaciones alométricas	29
IV.	RESULTADOS	31
4.1.	Del índice de valor de importancia de las especies registradas en la parcela permanente de monitoreo N° 4	31
4.1.1.	Abundancia por especie	31
4.1.2.	Frecuencia por especie	32
4.1.3.	Dominancia por especie	32
4.1.4.	Índice de valor de importancia por especies en la PPM 4	33
4.2.	De las ecuaciones alométricas para las especies dominantes	34
4.2.1.	Relación entre diámetro y altura comercial de <i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg. (huangana)	34
4.2.2.	Relación entre diámetro y altura total de <i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg. (huangana)	36
4.2.3.	Relación entre diámetro y altura comercial de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke (tornillo)	38
4.2.4.	Relación entre diámetro y altura total de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke (tornillo)	40
4.2.5.	Relación entre diámetro y altura comercial de <i>Hevea guianensis</i> Aubl., (shiringa)	42

4.2.6.	Relación entre diámetro y altura total de <i>Hevea guianensis</i> Aubl. (shiringa) .....	44
4.2.7.	Relación entre diámetro y altura comercial de <i>Pourouma</i> <i>minor</i> Benoist (uvilla) .....	46
4.2.8.	Relación entre diámetro y altura total de <i>Pourouma minor</i> Benoist (uvilla) .....	48
4.2.9.	Relación entre diámetro y altura comercial de <i>Dacryodes</i> <i>nitens</i> Cuatrec., (copal negro) .....	50
4.2.10.	Relación entre diámetro y altura total de <i>Dacryodes nitens</i> Cautrec., (copal negro) .....	52
V.	DISCUSIÓN .....	55
5.1.	Sobre el índice de valor de importancia de las especies registradas en la parcela permanente de monitoreo N° 4 .....	55
5.2.	Sobre las ecuaciones alométricas para las especies dominantes .	56
VI.	CONCLUSIONES .....	58
VII.	RECOMENDACIONES .....	59
VIII.	ABSTRACT .....	60
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
	ANEXO .....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Especies con mayor IVI en el Bosque Reservado de la UNAS. ....	10
2. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) de la PPM 4. ....	20
3. Tabla de valores. ....	29
4. Fórmulas alométricas.....	30
5. Abundancia de especies encontradas en la PPM 4. ....	31
6. Frecuencia de especies encontradas en la PPM 4. ....	32
7. Dominio de especies encontradas en la PPM 4. ....	33
8. Índice de valor de importancia por especies en la PPM 4. ....	34
9. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Senefeldera inclinata</i> Mull. Arg. ....	35
10. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg. ....	37
11. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke (tornillo). ....	39
12. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke (tornillo).....	41
13. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Hevea guianensis</i> Aubl. (shiringa). ....	43

14. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Hevea guianensis</i> Aubl. (shiringa). .....	45
15. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Pourouma minor</i> Benoist (uvilla). .....	47
16. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Pourouma minor</i> Benoist (uvilla). .....	49
17. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Dacryodes nitens</i> Cuatrec. (copal negro). .....	51
18. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Dacryodes nitens</i> Cautrec. (copal negro). .....	53
19. Índice de valor importancia de especies. ....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Codificación del árbol individual.....	25
2. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg., (huangana).....	36
3. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg., (huangana).....	38
4. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke (tornillo).....	40
5. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke (tornillo).....	42
6. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Hevea guianensis</i> Aubl. (shiringa). ....	44
7. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Hevea guianensis</i> Aubl. (shiringa). ....	46
8. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Pourouma minor</i> Benoist (uvilla).....	48
9. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Pourouma minor</i> Benoist (uvilla).....	50
10. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie <i>Dacryodes nitens</i> (copal negro). ....	52

11. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie <i>Dacryodes nitens</i> Cautrec. (copal negro).....	54
12. Equipo técnico de evaluación de la PPM 4. ....	70
13. Medición de diámetro de individuos. ....	70
14. Instalación del equipo de Field Map.....	71
15. Evaluación de individuos con el equipo Field Map. ....	71
16. Georreferenciación con el equipo de Field Map. ....	72
17. Registro de datos con el equipo de Field Map. ....	72

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula	Página
(1).....	25
(2).....	26
(3).....	26
(4).....	27
(5).....	27
(6).....	28
(7).....	28

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Bosque Reservado de la UNAS, con el objetivo de determinar el índice de valor de importancia y las ecuaciones alométricas para las especies dominantes. Se evaluó una parcela permanente de monitoreo (PPM4) de 100 x 100 m, registrando todos los individuos con un diámetro altura al pecho  $\geq 10$  cm. Los resultados indican que se registraron 121 especies, de las cuales se consideraron 5 especies forestales maderables con mayor índice de importancia "*Senedelfera inclinata*" (15.86%), "*Cedrelinga cateniformis*" (4.46%), "*Hevea guianensis*" (3.55%), "*Dacryodes nitens*" (3.14%), "*Otoba parvifolia*" (3.06%). La relación entre diámetro y altura de los árboles de la parcela permanente de monitoreo (PPM4) está entre "bueno" y "Excelente" con coeficiente de correlación  $0.50 < r \leq 0.75$  (altura comercial) y  $0.75 < r \leq 1$  (altura total); se ajustaron 7 modelos matemáticos para las especies forestales, ellos fueron: cúbica, S (sigmoide), potencia, compuesta, crecimiento, exponencial y logística para la relación diámetro – altura de las especies de la parcela permanente de monitoreo (PPM4). La relación diámetro – altura comercial con "buena" correlación con valor de  $< 0.75 \geq 0.50$  y diámetro – altura total con "excelente" correlación valor  $< 1 \geq 0.75$ .

**Palabras claves:** Modelos alométricos, especies, correlación, parcela permanente.

## I. INTRODUCCIÓN

En la investigación se realizó la evaluación del crecimiento de los árboles, el cual, es el resultado de la modificación de variables como: diámetro, altura, área basal y volumen, que cambian debido a la actividad de los meristemos primarios, que se encargan del crecimiento longitudinal, como la altura y los meristemos secundarios, que dan lugar al crecimiento en diámetro.

En condiciones de bosque natural, la altura es una variable más difícil y costosa de medir que el diámetro, para ello es necesario seleccionar y medir dentro de cada parcela con la mayor exactitud posible una sub muestra de árboles con el objetivo de obtener pares de observaciones precisas de altura-diámetro; por lo que se recomienda el uso de muestreo aleatorio simple sin reemplazamiento durante el proceso de selección de árboles muestras para desarrollar tipo de ecuaciones; los cuales, se utilizan para ajustar una ecuación de altura-diámetro, para caracterizar la estructura de la masa y evaluar la calidad del sitio, considerando que la altura total y el diámetro son dos variables correlacionadas entre sí.

Para ajustar la relación entre los diámetros y las alturas en una masa forestal se han empleado numerosas funciones, tanto lineales como no lineales. Sin embargo, la heterogeneidad de condiciones estacionales y el diferente estado de los árboles en el bosque provocan que una única ecuación

altura-diámetro no se ajuste bien a todas las situaciones, por lo que los investigadores sugieren que debería establecerse de forma individual para cada rodal y tipo de bosque; por lo tanto, se utilizan parcelas permanentes de monitoreo para la obtención de datos anuales y confiables a largo plazo; donde es necesario, el uso de equipos de mayor precisión, como la tecnología Field-Map, que fue desarrollada para la recolección óptima y precisa de los datos de campo, que permite la medición, cuantificación y georreferenciación de los recursos inmersos en el bosque.

En las condiciones de bosques de selva alta, caso Tingo María, existe mayor incremento de áreas reforestadas, porque diversas instituciones vienen promoviendo la conservación de los bosques naturales y restauración de ecosistema degradados, pero no se cuenta con información técnica sobre modelos alométricos válidos de la relación del crecimiento altura y diámetro, indicadores necesarios para implementar los planes de manejo de bosques y su conservación de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque. Por lo cual surge la interrogante: ¿Cuál será la relación entre la altura total y/o comercial con el diámetro, en las especies forestales de un bosque de colina baja? La hipótesis planteada la altura total y el diámetro del fuste de los árboles son factores que están relacionadas en bosque de colina baja de Tingo María.

El estudio de investigación aporta al conocimiento de la relación que existe entre el diámetro y altura de especies forestales, debido a que los estudios del crecimiento diamétrico de los árboles tropicales, se han basado en

estimaciones a partir de mediciones repetidas del diámetro, realizadas en parcelas permanentes de diferentes tamaños.

Ante lo expuesto se plantea como objetivos:

### **Objetivo general**

- Determinar las ecuaciones alométricas de especies dominantes usando sistema integrado Field Map en la parcela permanente de monitoreo N° 4 del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el índice de valor de importancia de las especies registradas en la parcela permanente de monitoreo N° 4., utilizando sistema integrado de tecnología Field Map.
- Determinar las ecuaciones alométricas para las especies dominantes.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Parcela permanente de monitoreo**

Las PPM son espacios de investigación a largo plazo permanentemente demarcado y periódicamente medido. La instalación y monitoreo de un conjunto de PPM con llevan varios objetivos los cuales deben ser claramente definidos antes de indicar el estudio (Camacho, 2000); en ella, se registran datos ecológicas y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos) u otro tipo de información previamente determinada (Pinelo, 2000).

### **2.2. Forma y tamaño de las parcelas**

Es recomendable que una PPM en el bosque tropical tenga forma cuadrada debido al menor perímetro con respecto a parcelas rectangulares. Igualmente, las PPM en bosques tropicales deben tener el tamaño mínimo de una hectárea con la finalidad de abarcar mayor variabilidad posible y facilitar el análisis estadístico de la información (Pinelo, 2000).

### **2.3. Tamaño y ubicación de la muestra**

Camacho (2000) menciona que, el tamaño y la ubicación de un conjunto de PPM parten del análisis de cierta información básica:

- Variabilidad de las condiciones abióticas del sitio: altitud, topografía, exposición de pendientes y suelo.
- Tipos de bosques en términos de composición florística, densidad de individuos, área basal, volúmenes totales y comerciales.
- Tipo de estudio conducido: descriptivo o ensayo formal.
- Tamaño de la superficie boscosa.
- Recursos disponibles.

La información de los dos primeros puntos, permite la identificación de estratos en el área de estudio. Los últimos proporcionan la base para determinar el número para cada estrato.

El tamaño óptimo del área efectiva de la parcela depende de varios factores:

- El tipo de bosque (primario, secundario con o sin intervención).
- La riqueza de especies.
- El conjunto de diámetros a considerar en la muestra
- El tamaño máximo de los individuos y su densidad.
- El tamaño de claros en el rodal.
- Los objetivos del estudio.
- La precisión requerida en función de los costos de instalación y monitoreo.

## **2.4. Variables dasonómicas**

De acuerdo a Leño y Saravia (1998) recomiendan que, en un programa de parcelas permanentes, es necesario contar con los siguientes datos básicos: Variables dasonómicas (diámetro, altura) y ecológicas (calidad de fuste, iluminación de copa, forma de copa y presencia de lianas).

### **2.4.1. Diámetro del fuste**

La medición de diámetro es la operación más corriente y sencilla de mensura. En árboles en pie, la altura normal del diámetro representativo del árbol es 1.3 m desde el nivel del suelo, medidos sobre la pendiente por la altura de medición, es el diámetro a la altura del pecho (Prodán *et. al.*, 1997). El diámetro del fuste del árbol se puede medir con cinta diamétrica de 2, 5 o 10 m de longitud, preferiblemente con una cinta de metal (porque no estira) o de fibra de vidrio; la medida se toma al milímetro inferior, ya que se considera un error sistemático que puede ser ignorado (Pinelo, 2000).

### **2.4.2. Área basal**

Una de las dimensiones empleadas con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol es el área basal que se define como el área de una sección transversal del fuste a 1.30 m de altura sobre el suelo. El área basal, por su forma irregular nunca se mide en forma directa, sino que se desvía de la medición del diámetro o perímetro (Prodán *et al.*, 1997).

### **2.4.3. Altura comercial**

Altura desde la base del fuste hasta la primera bifurcación o ramificación significativa. Esta altura se debe definir cuidadosamente para cada programa de parcelas permanentes de muestreo y debe medirse en la misma forma y al mismo tiempo que la altura de la base de la copa. Los valores de altura comercial se pueden usar para dar seguimiento al progreso del volumen comercial y predecir la producción comercial futura (Leaño y Saravia, 1998).

### **2.4.4. Altura total**

Es casi imposible medir la altura con total precisión en el bosque húmedo tropical. Es difícil identificar exactamente la parte superior de las copas de muchos de los árboles cuando éstas se hallan llenas de follaje, por tanto, no se necesita anotar mediciones con precisión irreal, puesto que el cálculo del incremento en la altura por árbol no es realizable (Leaño y Saravia, 1998).

## **2.5. Composición florística**

La composición florística de un bosque se determina, con el número de familias, géneros y especies que se registran dentro del bosque al momento de realizar un inventario, esta información se utiliza esencialmente para caracterizar de manera inicial al bosque en su estructura arbórea. Los componentes que se toman en cuenta para complementar mejor la información acerca de la composición, se enfocan en la diversidad de especies, riqueza de la especie y la similaridad de la especie, entre otras (Louman *et al.*, 2001).

Lamprecht (1990) señala que, la composición florística de los bosques según el estado sucesional, se expresa por medio del índice de Shannon, para las diferentes poblaciones de fustales, latizales y brinzales. La tendencia del incremento de este índice se refleja conforme aumenta la edad del bosque, situación que es de esperar, ya que un número mayor de especies se hacen presentes conforme el bosque se hace más maduras y alcanza fases homeostáticas en el proceso de sucesión.

Rodríguez (2000) menciona que, el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) presenta una composición florística muy heterogénea. Las especies dominantes son *Senefeldera inclinata* (Franco *et. al.*) (huangana caspi), seguido de las especies vegetales *Hevea brasiliensis* (Will) M. Arg. S.V., (shiringa), *Psychotria caerulea* R. & P. (cicotria), *Jacaranda copaia* (c. Mart. Ex Ad. DC) A. Gentry (huamansamana), *Pouteria caimito* (Ruiz López-Pavón) Radlk (caimito), entre otros.

Por otro lado, Soto (2016) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, determinó que la composición florística en parcela permanente está representada por 656 individuos distribuidas en 108 especies, 79 géneros y 35 familias. Las 10 familias más importantes representan el (69.2%) que corresponden a: Fabaceae, Euphorbiaceae, Salicaceae, Rubiaceae, Moraceae, Urticaceae, Myristicaceae, Burseraceae, Lauraceae, Vochysaceae y las 10 especies más importante representan (43.3%) que están representada por: *Parkia panurensis*, *Casearia*

*ulmifolia*, *Senefeldera inclinata*, *Virola pavonis*, *Pourouma minor*, *Qualea amoena*, *Helicostylis tomentosa* y *Laetia procera*.

Del mismo modo, Espinoza (2013) en su estudio de composición florística de la colina alta del BRUNAS, reporta 701 individuos, perteneciente a 23 familias y 47 especies en un área de 1.5 ha. En otra parte, Blas (2004) indica que, en su estudio de establecimiento y evaluación de 4 PPM en el BRUNAS, reporta en la PPM N°1, 82 especies en 680 individuos, asimismo el reporta 32 familias, 67 géneros, 97 especies en un muestreados de 4 ha.

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

Los análisis de abundancia y dominancia permiten formar una idea sobre un determinado aspecto de la estructura del bosque (Gutiérrez, 2007). Las tablas del índice de valor de importancia (IVI) de varias parcelas se pueden comparar y hacer interpretaciones ecológicas en función de las especies que han resultado más importantes (Quispe, 2016). Pinedo (2013) menciona que, en una PPM establecida en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, encontró que las especies vegetales con DAP mayor a los 10 cm estuvieron constituidos por *Iryanthera laevis* Morkgraf, *Pourouma minor* Aubl., *Inga altissima* Ducke, *Schizolobium parahyba*, *Schefflera morototoni*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Cecropia membranacea*, fueron las de mayor importancia. La presentación de los resultados (Cuadro 1) se realiza mediante la construcción de tablas resumidas, en las cuales se ordenan las especies en forma decreciente de acuerdo con los valores del IVI.

Cuadro 1. Especies con mayor IVI en el Bosque Reservado de la UNAS.

Soto (2016)		Pinedo (2013)		Espinoza (2013)		Quispe (2016)	
BRUNAS - PPM N°1		BRUNAS - PPM		BRUNAS - Tingo María		BRUNAS - PPM N°4	
Especie	IVI (%)	Especies	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Parkia panurensis</i>	11.1	<i>Iryanthera laevis</i>	10.5	<i>Senefeldera inclinata</i>	11.3	<i>Senefeldera inclinata</i>	13.9
<i>Casearia ulmifolia</i>	5.4	<i>Pourouma minor</i>	10.3	<i>Jacaranda copaia</i>	8.3	<i>Pourouma minor</i>	5.04
<i>Senefeldera inclinata</i>	5.3	<i>Inga altísima</i>	7.5	<i>Inga cinnamomea</i>	7.3	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	3.85
<i>Virola pavonis</i>	4.2	<i>Schizolobium parahyba</i>	8.8	<i>Virola obovata</i>	4.7	<i>Hevea guianensis</i>	3.35
<i>Pourouma minor</i>	3.6	<i>Schefflera morototoni</i>	8.5	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	4.7	<i>Otoba parviflora</i>	3.04
<i>Qualea amoena</i>	3.4	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	4.3	<i>Virola duckei</i>	4	<i>Dacryodes nitens</i>	2.93
<i>Helicostylis tomentosa</i>	2.8	<i>Cecropia membranacea</i>	5.5	<i>Perebea guianensis</i>	3.5	<i>Cecropia sciadophylla</i>	2.57
<i>Laetia procera</i>	2.6	<i>Maquira calophylla</i>	2.9	<i>Cariniana sp</i>	3.5	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	2.31
<i>Jacaranda copaia</i>	2.5	<i>Alchomeapsis floribunda</i>	2.4	<i>Annona excellens</i>	3.4	<i>Guatteria guentheri</i>	2.02
<i>Schizocalyx sterculioides</i>	2.5	<i>Nectrandra globosa</i>	2.3	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	3.4	<i>Schizocalyx peruvianus</i>	2.02
Acumulado	43.4	Acumulado	63	Acumulado	54.1	Acumulado	41.03

Fuente: Soto (2016), Pinedo (2013), Espinoza (2013) y Quispe (2016).

### **2.6.1. Frecuencia**

La frecuencia absoluta ( $F_a$ ). De cada especie en la parcela de 1 ha es la relación entre número de subparcelas en la que la especie aparece y el número total de subparcelas, que son 25 por parcela. Cada especie podría estar distribuido en la totalidad de las 25 subparcelas que forman cada parcela de 1 ha en estudio (100% de frecuencia), o en un menor número de subparcelas (más baja frecuencia). Se ha establecido rangos de frecuencia absoluta para las especies de acuerdo a su presencia. La frecuencia relativa ( $F_r$ ) de cada especie es calculada con la expresión  $(F_a/F_t) \times 100$ , donde  $F_t$  es la sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies (Vásquez, 2016).

La frecuencia expresa la regularidad de la distribución espacial u horizontal, indicando de la existencia de una especie en determinadas subparcelas evaluadas. Es un concepto estadístico que expresa la medida de porcentajes de ocurrencias, presencia o ausencia de una especie en áreas de igual tamaño dentro de una comunidad (Huanaquiri, 2015).

### **2.6.2. Abundancia**

Desde un enfoque tradicional de producción maderera, un indicador objetivo de densidad es el número de árboles existentes en una cierta área. Aun cuando ese número indica en forma absoluta la presencia de individuos, es incompleto si no está definido con relación a su tamaño y/o edad, ya que un ejemplar de gran tamaño puede ocupar el mismo espacio que

cientos de pequeños individuos, lo que muestra que este concepto es insuficiente (Corvalan y Hernández, 2006).

Abundancia absoluta se define como el número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie y la abundancia relativa puede indicarse la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de árboles de la parcela que se considera como el 100%.

### **2.6.3. Dominancia**

Es el grado de ocupación de una especie determinada con respecto a las otras. En el bosque tropical resulta a menudo complejo determinar dichos valores; debido a la existencia de varios doseles o pisos dispuestos uno encima de otros y la entremezcla íntima de unas copas con otras. Para salvar esta dificultad se tomó dificultad el área basal de los bosques (Gutierrez, 2007).

La dominancia, también denominada de cobertura de las especies, es la expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en porcentaje. Los valores de frecuencia, absoluta, abundancia y dominancia, pueden ser calculados no solo para las especies, sino que también para determinados géneros, familias, formas de vida (Lamprecht, 1990).

## 2.7. Relación entre variables de una misma especie

### 2.7.1. Altura comercial

La estimación precisa de esta analogía diámetro-altura es fundamental, debido a que la altura es normalmente predicha mediante la determinación de esta relación (diámetro-altura) antes de ser medida (Gadow *et al.*, 2004).

Considerando que en los inventarios forestales a todos los árboles dentro del sitio de muestreo se mide el diámetro, pero la altura total solo a una sub muestra, debido a que consume más tiempo y los altos costos que genera (Zambrano *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2013). Por ello, se recurre al uso de ecuaciones que relacionan la altura total con el diámetro normal (h-d) de un árbol. Por lo que, es necesario desarrollar ecuaciones que permitan estimar las alturas totales en función de otras variables y entre ellas el diámetro normal.

Investigación sobre crecimiento y rendimiento. Para árboles adultos y doseles relativamente cerrados, la estimación de la altura representa algún grado dificultad y está sujeta a errores de medición. Para un rodal coetáneo, de una especie creciendo bajo condiciones de sitio similares, existe una relación no lineal entre la altura de los árboles y su correspondiente valor del diámetro a la altura del pecho. Estas relaciones son afectadas por la calidad de sitio y la densidad del rodal, así por ejemplo la curva de alturas de rodales jóvenes en sitios buenos en general tiene una pendiente más fuerte, con edades mayores y en sitios malos, la pendiente se aplana (Prodán *et al.*, 1997).

### 2.7.2. Altura total

La aplicación de la relación entre estas dos variables es la posibilidad de predecir la altura de los árboles en función de la variable de más fácil medición (Larsen y Hann, 1987). También se ha encontrado que la calidad de sitio puede ser interpretada utilizando las relaciones entre la altura y el diámetro de los árboles (Stout y Shumway, 1982).

Entre la altura de un árbol y el diámetro a la altura del pecho existe una relación, no lineal y esta relación es empleada para la estimación del volumen de los árboles y la evaluación de la altura dominante (Vargas, 2007). Las actividades de operaciones forestales que más tiempo ocupan y por ende mayores recursos demanda está la medición de altura total de los árboles en pie (Cruz-Leyva *et al.*, 2010).

La estimación precisa de esta analogía diámetro-altura es fundamental, debido a que la altura es normalmente predicha mediante la determinación de esta relación (diámetro-altura) antes de ser medida (Gadow *et al.*, 2004). Como consecuencia de esto, los volúmenes individuales de los árboles son estimados a menudo de la medición del diámetro de todos los árboles. Mientras que, para la altura se instala subparcelas para la determinación de la altura (Cañadas *et al.*, 2016).

Los factores de los árboles muestreados son utilizados para establecer una regresión diámetro-altura, la cual a su vez se usa para estimar la altura de los árboles a los que únicamente se les ha medido los diámetros.

Tal regresión para estimar la altura podría ser obtenida separadamente para cada rodal. No obstante, esta aproximación ocupa considerable cantidad de tiempo y dinero. Una alternativa práctica sería el desarrollo de una ecuación generalizada que describa la dependencia entre diámetro-altura basándose en una función que implique la altura dominante de un rodal o el diámetro medio (Jayaraman y Lappi, 2001).

Una alternativa práctica es emplear una relación altura-diámetro generalizada en la que, para predecir la altura de cada árbol, se utilice su diámetro normal y una o más variables independientes de masa, que tengan en cuenta ciertas características básicas inherentes a todas las regresiones de altura locales que representan a cada parcela o rodal individual (Diéguez *et al.*, 2005), para que estas variables de masa no representen costos adicionales excesivamente importantes en la toma de datos.

La incorporación de variables de los rodales hace que la aplicación de las ecuaciones generales sea mayormente aplicada en correspondencia a los modelos de tipo local (Soares y Tomé, 2002). Estudio sobre ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino (*Pinus radiata*) concluyen que, las ecuaciones locales con 2-parámetros son más precisas y estables en términos de convergencia en comparación a ecuaciones con tres parámetros, en todas las evaluaciones realizadas las ecuaciones generalizadas presentan mejores valores de precisión y sesgo que las ecuaciones locales. La altura total y el diámetro son dos variables correlacionadas entre sí y esas relaciones pueden ser expresadas por funciones matemáticas.

## 2.8. Modelos alométricos de las especies forestales

Para la investigación de modelos alométricos en especies forestales, Husch *et al.* (1982) opina que la altura total y el diámetro son dos variables correlacionadas entre sí y que esas relaciones pueden ser expresadas por funciones matemáticas. Prodán *et al.* (1997) presentan varias de esas funciones al igual que Benítez *et al.* (1988), cuando trabaja con álamos. Fang y Bailey (1998) proponen modelos no lineales para describir la relación altura total y diámetro en bosques tropicales del sur de China.

Ecuaciones locales de altura-diámetro. Una práctica normal en operaciones forestales es ajustar una ecuación de altura-diámetro para cada rodal (Gadow y Hui, 1999). Para esto es necesario seleccionar y medir dentro de cada parcela con la mayor exactitud posible una sub muestra de árboles con el objetivo de obtener pares de observaciones de altura-diámetro. Arabatzis y Burkhart (1992) recomiendan el uso de muestreo aleatorio simple sin reemplazamiento durante el proceso de selección de árboles muestras para desarrollar este tipo de ecuaciones. Posteriormente, esta información se utiliza para ajustar una ecuación local de altura-diámetro (Van Laar, 1986, Huang *et al.*, 2000).

El análisis de parcelas permanente en estudios de crecimiento y rendimiento requieren desarrollar ecuaciones de altura-diámetro. En caso que mediciones periódicas de altura total no hubiese sido realizado (Assman, 1970; Burkhart *et al.*, 1972; Wang y Hann, 1988; Huang *et al.*, 1992; Lynch y Murphy,

1995). Aun cuando también se han utilizado otros procedimientos para ajustar simultáneamente curvas de altura-diámetro para diferentes edades (Omule y McDonald, 1991; Flewelling y Jong, 1994; Lappi, 1997).

Estudios posteriores han demostrado que ecuaciones no lineales pueden modelar con mayor exactitud la relación altura-diámetro (Leroy, 1989; Zhang, 1997 y Peng *et al.*, 2001); aun cuando ciertas formas de ecuaciones de tipo lineal han seguido siendo recomendadas (García, 1996; Woollons, 2003).

Desde un punto de vista biológico las ecuaciones no lineales aseguran un comportamiento más consistente de la curva, especialmente cuando se requiere efectuar predicciones fuera del rango de datos altura y diámetros usados en el ajuste (Huang *et al.*, 1992).

## **2.9. Tecnología Field Map**

Fue desarrollada por el Instituto de Investigación de Ecosistemas Forestales, Ltd. (IFER) de República Checa, que se dedica principalmente a la investigación forestal y sus aplicaciones en diferentes áreas, llevando a cabo numerosos proyectos en regiones boreales y tropicales. Ligado a sus actividades de investigación y consultoría, desarrolla y ofrece sus propios productos, principalmente herramientas de software para optimizar la colección de información de campo, post proceso, representación cartográfica, modelos de crecimiento, captura de carbono, análisis estadísticos de inventarios forestales nacionales, entre otros (IFER, 2008).

### **2.9.1. Características de la tecnología Field Map**

La tecnología Field-Map fue desarrollada para la recolección óptima y precisa de los datos de campo en condiciones extremas de temperatura y humedad (Bosques tropicales). Esta tecnología permite medir, cuantificar y georreferenciar los datos levantados en terreno.

Estas informaciones van integradas a una base de datos diseñada en gabinete por el usuario. A su vez la tecnología Field Map integra equipos electrónicos como GPS, distanciómetro láser, brújula electrónica, relascopio y computadores de campo para evaluar y analizar la información en forma rápida, eficiente, económica, y con alto grado de confiabilidad.

### **2.9.2. Aplicación en el Perú**

MAPGS (2009) indica que la Tecnología Field-Map es usada en muchos países para diversos trabajos, destacándose inventarios forestales a nivel regional y nacional en diferentes países (Irlanda, República Checa, Bélgica, Eslovaquia, Hungría y Rusia), monitoreo de carbono, entre otros.

Actualmente se lleva a cabo El Inventario Nacional de Rusia (INR), es un proyecto extenso que cubre la superficie de 1'700,000 ha, se inició en el 2008. IFER considera el proyecto entero como uno de los más exigentes en términos de su alcance, duración, requisitos de lengua, metodología, y tecnología. Para este inventario se han adquirido 300 tecnologías Field-Map, y lo están realizando 300 brigadas, se van a evaluar 170,000 parcelas en un

periodo de 10 años. Las parcelas utilizadas son circulares de 250 m de diámetro (IFER, 2008).

En Perú, el Censo Forestal realizado el 2008 para una concesión forestal en Iquitos, utilizando códigos de barra, fue el primer censo electrónico con Field-Map LT realizado en el Perú, se utilizaron fajas de 2,000 m x 50 m.

Por encargo del Ministerio del Ambiente se realizó en Mayo del 2009 la toma de información de recursos naturales y componentes de la diversidad biológica a través de la tecnología Field-Map compatible con sistemas de información geográfica de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), la formulación de la metodología para la evaluación de los bosques de *Polylepis*, *karka*, Lloque, y Puya. El tamaño de las parcelas fue variado de 20 m x 20 m para *Polylepis*, *karka* y lloque, y circulares de 100 m de diámetro para puyas (MAPGS, 2009).

La instalación de parcelas de monitoreo de carbono para café y árboles en Villa Rica - Perú se ejecutó en colaboración de la ONG Amazonas, el fundo Ave Fenix, AgroparisTech-ENGREF de Francia y la empresa MAP GEOSOLUTIONS. Estas parcelas fueron levantadas electrónicamente con la tecnología Field-Map. Se tomaron diámetros de copa, alturas de árboles, medición de plantas de café, sanidad y calidad. El tamaño de parcelas fueron: 20 m x 10 m, 10 m x 10 m para café y 500 x 10 para árboles (MAPGS, 2009).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política

El BRUNAS se encuentra a 1.5 km de la ciudad de Tingo María en el margen izquierdo de la carretera Fernando Belaúnde Terry tramo Tingo María Lima, políticamente pertenece a la región Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa. Cuenta con una extensión 217.22 ha, de las cuales solo 185 ha presenta cobertura boscosa, la superficie restante ha sido perturbada por actividades antrópicas como cultivo ilícito en la parte altas, en la década de los 70. Del total de cobertura boscosa 76.5 ha se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional de Tingo María.

Cuadro 2. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) de la PPM 4.

Parcela	Altitud (msnm)	Coordenadas	
		Este	Norte
PPM4	872	391560	8970320
	876	391560	8970420
	874	391660	8970420
	875	391660	8970320

### **3.1.2. Zona de vida**

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zona de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Holdridge (1987) el BRUNAS se encuentra en la formación vegetal bosque húmedo premontano Tropical transicional a bosque muy húmedo pre-montano tropical (bh – PT / bmh-PT) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la selva alta o Rupa Rupa.

### **3.1.3. Clima**

El clima del área de estudio, presenta alta pluviosidad con una precipitación anual promedio de 3428.8 mm. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 483.6 mm (Zavala, 1999). Con una humedad relativa de 87% y una temperatura media anual de 24 °C.

### **3.1.4. Fisiografía y altitud**

El BRUNAS presenta una fisiografía predominante de colinas altas (clase 1 y clase 2), con relieve ondulado quebradizo, con pendientes que van de 20 a 80 %, con una hidrografía compleja, presentando quebradas que recorren el área del BRUNAS, las mismas que se drenan al río Huallaga (Blas, 2004).

Asimismo, Puerta (2007) menciona que, el BRUNAS presenta altitudes que van desde 667 a los 1,092 msnm.

### 3.1.5. Descripción de lugar

El área se encuentra ubicado desde los 650 msnm hasta 1,120 m.s.n.m determinándose tres unidades fisiográficas bien definidas: Colina baja con una extensión de 22.91 ha, seguida de colina alta con 150.74 ha, que presenta la geoforma con mayor superficie y finalmente la zona montañosa con 43.57 ha, esta unidad lleva el nombre de Cerro Cachimbo por encontrarse en su mayor parte desprovista de vegetación arbórea. Respecto a la pendiente; el 70.74% del área total del EI BRUNAS presenta una pendiente cuyos valores superan al 25%, lo que indica que pertenece a una zona eminentemente de protección (Puerta, 2007). Alberga en su interior especies como: *Senefeldera inclinata* (huangana caspi), *Hevea brasiliensis* (shiringa), *Psychotria caerulea* (cicotria), *Jacaranda copia* (huamansamana), *Pouteria caimito* (caimito), *Cecropia sciadophylla*, *Virola pavonis* (cumala), *Nectandra magnoliifolia* (moena), *Cinchona officinalis* (quina), *Vitex pseudolea* (paliperro), *Couratori macrosperma* (machimango), *Guatteria modesta* (carahuasca), *Persea grandis* (moena), *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Jacaranda digitata* (papaya caspi), entre otras (Rodríguez, 2000).

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Material de campo

- Placa de aluminio (2.9 x 9 cm), clavo de aluminio (3”), pintura esmalte, tablero de apunte, jalón, cinta diamétrica, cuerda de rafia.

### **3.2.2. Hardward Field Map**

- Trupulse 360 R “laser rangefinder”, brújula electrónica, computador de campo, bastón extensible con reflector, trípode, braket (soporte de computador de campo) y braket (soporte de láser).

### **3.2.3. Software Field Map**

- Uso de software denominados software de diseño y procesamiento (Field-Map Project Manager), software de colecta de datos (Field-Map Data Collector) y el Microsoft Excel 2013.

## **3.3. Criterio de investigación**

### **3.3.1. Tipo de investigación**

- Según el número de medidas: Estudios transversales.
- De acuerdo a la planificación del estudio: Estudios prospectivos.
- Nivel de investigación: Relacional.
- Unidad de análisis: Parcela permanente de monitoreo.

## **3.4. Metodología**

### **3.4.1. Para la determinación del índice de valor de importancia**

Se coordinó y se realizó previas capacitaciones para la colecta de datos en campo con el sistema integrado Field Map.

La investigación se realizó en la PPM 4 instalada anteriormente en el BRUNAS. Una vez establecida las parcelas y sub parcelas se realizó la evaluación de los fustales y arboles maduros. El diseño de las subparcelas se realizó en el Programa Field-Map Project Manager, consistió en construir la base de entidades virtuales (subparcelas, árbol, y puntos referenciales), y sus respectivos atributos. Los elementos geográficos (polígono, puntos, líneas), fueron organizados en jerarquías y capas.

#### **3.4.1.1. Medición del diámetro de los árboles**

La medición del diámetro fue en el punto óptimo de medida (POM) que es a 1.30 m sobre el nivel del suelo utilizando una cinta diamétrica. Se registró arboles con diámetros  $\geq 10$  cm en cada parcela. Los datos se ingresaron al computador en mm, siguiendo la propuesta metodológica de RAINFOR (2016).

#### **3.4.1.2. Estimación de alturas de los árboles**

La altura comercial y total de los árboles se ha estimado con el trupulse 360 R "laser rangefinder" con la opción de alturas y con unidad en metros.

#### **3.4.1.3. Codificación de inventario en la PPM**

Cada individuo fue marcado con placas de aluminio a 30 cm encima del POM. Se codificó cada individuo de la PPM con el orden siguiente:

- Número de PPM.
- Número de subparcela.
- Número de árbol.

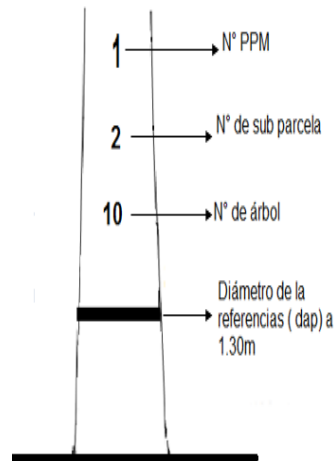


Figura 1. Codificación del árbol individual.

#### 3.4.1.4. Variables estructurales

Las variables estructurales constituyen información, cuya utilidad está más relacionada a los estudios, con miras al manejo y regeneración del bosque. De esta manera, conforma documentación más bien complementaria sobre la diversidad florística.

#### 3.4.1.5. Dominancia

En primer lugar se determinó el área basal de los árboles, para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} \times dap^2 \dots\dots(1).$$

Dónde:

AB : Área basal.

$\pi$  :3.1416.

dap : Diámetro a la altura del pecho.

Posteriormente, se determinó la dominancia absoluta de especies. Esta es la sumatoria de todas las áreas basales. Es un indicador del grado de cobertura de cada taxón, y expresa el espacio ocupado, se utilizó la metodología de Melo y Vargas (2001).

$$B_i = \sum AB_i \dots\dots(2).$$

Dónde:

$B_i$  : Sumatoria de todas las áreas basales de la especie.

Para la determinación de la dominancia relativa, se determinó la participación en porcentaje que corresponde a cada especie del área basal total, se utilizó la metodología de Bascope y Jorgensen (2005).

$$D_r = \frac{\sum B_i}{\sum AB} \times 100 \dots\dots(3).$$

Dónde:

$D_r$  : Dominancia relativa de la especie.

$B_i$  : Sumatoria de todas las áreas basales de la especie.

AB : Sumatoria de áreas basales de todos los individuos de la parcela.

### 3.4.1.6. Frecuencia relativa

En una hoja Excel se colocan las especies y su respectiva cantidad por sub parcelas. Es el porcentaje frecuente absoluta de una especie en relación con la suma de las frecuencias absolutas de las especies presentes, se utilizó la metodología propuesta de Bascope y Jorgensen (2005).

$$Fr = \frac{Fi}{\sum F} \times 100 \quad \dots\dots(4).$$

Dónde:

Fr : Frecuencia relativa de la especie.

Fi : Frecuencia de ocurrencia de la especie por ha.

F : Sumatoria total de la parcela.

### 3.4.1.7. Densidad (D)

Es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie, según Mostacedo y Fredericksen (2000) viene a ser el número de individuos de una especie (N), presentes en un área determinada (A).

$$Dr = \frac{D}{\sum D} \times 100 \quad \dots\dots(5).$$

Dónde:

Dr : Densidad relativa

D : Densidad de la especie

$\Sigma D$  : Sumatoria de la densidad de todas las especies.

#### 3.4.1.8. Abundancia relativa

Indica el porcentaje de participación de cada especie, referida al número de árboles totales encontrados por hectáreas, mencionado por Bascope y Jorgensen (2005).

$$Ar = \frac{Ai}{\Sigma A} \times 100 \quad \dots\dots(6).$$

Dónde:

Ar : Abundancia relativa de la especie.

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

A : Sumatoria total de individuos en la parcela.

#### 3.4.1.9. Índice de valor de importancia (IVI)

El IVI de cada especie, se calculó para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa formulado por Mostacedo y Fredericksen (2000). Con este sistema es posible comparar el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema propuesto por Lamprecht (1990).

$$IVI = \frac{Ar + Dr + Fr}{3} \quad \dots\dots(7).$$

Dónde:

IVI : Índice de valor de importancia.

Ar : Abundancia relativa de la especie.

Dr : Dominancia relativa de la especie.

Fr : Frecuencia relativa de la especie.

### 3.4.2. Para determinar las ecuaciones alométricas

Se tomaron en cuenta el registro de la composición florística y de las especies dominantes, altura total, altura comercial y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada uno de los árboles; se efectuó las siguientes comparaciones, altura total Vs. DAP, altura comercial Vs. DAP. Se aplicó los modelos alométricos lineal y curvilíneos para definir la existencia o no de la relación entre las dos variables; la correlación de Pearson se aplicó para determinar el grado de relación entre las dos variables y, el coeficiente para demostrar cuanto es la participación de la variable independiente en las variaciones de la variable dependiente, determinar el grado de asociación entre las dos variables se utilizó el Cuadro 3:

Cuadro 3. Tabla de valores.

Valor de "П" (+ o -)	Grado de asociación
1.00	Perfecta
< 1 a $\geq$ 0.75	Excelente
< 0.75 a $\geq$ 0.50	Buena
< 0.50 a > 0.00	Regular
0.00	Nula

Fuente: Vargas (2007).

Los modelos alométricos considerados para el presente estudio fueron:

Cuadro 4. Fórmulas alométricas.

Modelos Alométricos	Ecuaciones.
Lineal	$Y = b_0 + (b_1 \times t)$
Logarítmica	$Y = b_0 + (b_1 \times \ln(t))$
Inversa	$Y = b_0 + \left(\frac{b_1}{t}\right)$
Cuadrática	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2)$
Cúbica	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_1 \times t^2) + (b_1 \times t^3)$
Compuesta	$Y = b_0 \times (b_1^t)$
Potencial	$Y = b_0 \times (t^{b_1})$
S-curva	$Y = e^{(b_0(b_1/t))}$
Crecimiento	$Y = e^{(b_0(b_1 \times t))}$
Exponencial	$Y = b_0(e^{(b_1 \times t)})$
Logística	$Y = 1 / \left(\frac{1}{u} + b_0(b_1^t)\right)$

Fuente: Mori (2014).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Del índice de valor de importancia de las especies registradas en la parcela permanente de monitoreo N° 4

#### 4.1.1. Abundancia por especie

Se consideraron las cinco especies más abundantes de la parcela permanente de monitoreo N° 4 establecido en el BRUNAS, las cuales fueron: *Senefeldera inclinata* (153 individuos), *Pourouma minor* (19 individuos), *Otoba parvifolia* (16 individuos), *Schizocalyx peruvianus* (15 individuos), *Cecropia sciadophylla* (14 individuos), las cuales suman 217 individuos (40.56%).

Cuadro 5. Abundancia de especies encontradas en la PPM 4.

N°	Especies			Aa	Ar (%)
	Nombre científico	Nombre común	Familia		
1	<i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg.	Huangana	Euphorbiaceae	153	28.6
2	<i>Pourouma minor</i> Benoist	Uvilla	Urticaceae	19	3.55
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	Caobilla	Myristicaceae	16	2.99
4	<i>Schizocalyx peruvianus</i> (K. Krause) Kainul	Faramea	Rubiaceae	15	2.8
5	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Cetico	Urticaceae	14	2.62
Total				217	40.6

#### 4.1.2. Frecuencia por especie

Las cinco especies vegetales con más repeticiones encontradas en la parcela permanente de monitoreo establecida en el BRUNAS fueron: *Senefeldera inclinata* (24 subparcelas), *Pourouma Minor* (15 subparcelas), *Otoba parvifolia* (11 subparcelas), *Hevea guianensis* (10 subparcelas), *Schizocalyx peruvianus* (10 subparcelas).

Cuadro 6. Frecuencia de especies encontradas en la PPM 4.

N°	Especies			N° de SP	Fr (%)
	Nombre científico	Nombre común	Familia		
1	<i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg.	Huangana	Euphorbiaceae	24	7.29
2	<i>Pourouma minor</i> Benoist	Uvilla	Urticaceae	15	4.56
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	Caobilla	Myristicaceae	11	3.34
4	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Shiringa	Euphorbiaceae	10	3.04
5	<i>Schizocalyx peruvianus</i> (K. Krause) Kainul	Faramea	Rubiaceae	10	3.04
Total					21.28

N° de SP: Número de subparcelas repetidas.  
Fr (%): Frecuencia relativa.

#### 4.1.3. Dominancia por especie

Las especies con mayor dominancia encontradas en la parcela permanente monitoreo fueron: *Senefeldera inclinata* (3.73 m<sup>2</sup>), *Cedrelinga*

*cateniformis* (3.03 m<sup>2</sup>), *Hevea guianensis* (1.77 m<sup>2</sup>), *Pourouma Minor* (1.68 m<sup>2</sup>), *Dacryodes nitens* (1.52 m<sup>2</sup>) el área basal total es 11.73 m<sup>2</sup>.

Cuadro 7. Dominio de especies encontradas en la PPM 4.

N°	Especies		Familia	Da	Dr (%)
	Nombre científico	Nombre común			
1	<i>Senefeldera inclinata</i> Müll. Arg.	Huangana	Euphorbiaceae	3.73	11.67
2	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Tornillo	Fabaceae	3.03	9.50
3	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Shiringa	Euphorbiaceae	1.77	5.54
4	<i>Pourouma minor</i> Benoist	Uvilla	Urticaceae	1.68	5.26
5	<i>Dacryodes nitens</i> Cuatrec.	Copal negro	Burseraceae	1.52	4.75
Total				11.73	36.73

Da: Dominancia absoluta. Dr (%): Dominancia relativa.

#### 4.1.4. Índice de valor de importancia por especies en la PPM 4

Las especies con mayor índice de valor de importancia en la PPM N° 4 fueron: *Senefeldera inclinata* Müll Arg., (huangana), con 15.86%, *Pourouma minor* Benoist (uvilla), con 4.46%, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo), con 3.88%, *Hevea guianensis* Aubl., (shiringa), con 3.55%, *Dacryodes nitens* Cuatrec., (copal negro), con 3.14%, *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry (caobilla), con 3.06%.

Cuadro 8. Índice de valor de importancia por especies en la PPM 4.

N°	Especie	Familia	Fr	Ar	Dr	IVI (%)
1	<i>Senefeldera inclinata</i>	Euphorbiaceae	7.29	28.60	11.67	15.86
2	<i>Pourouma minor</i>	Urticaceae	4.56	3.55	5.26	4.46
3	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Fabaceae	1.22	0.93	9.50	3.88
4	<i>Hevea guianensis</i>	Euphorbiaceae	3.04	2.06	5.54	3.55
5	<i>Dacryodes nitens</i>	Burseraceae	2.43	2.24	4.75	3.14
6	<i>Otoba parvifolia</i>	Myristicaceae	3.34	2.99	2.85	3.06
Total						33.95

#### 4.2. De las ecuaciones alométricas para las especies dominantes

##### 4.2.1. Relación entre diámetro y altura comercial de *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura comercial de los árboles registrados de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “cúbica”.

Para la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg., (huangana) se observa que el coeficiente de correlación para la ecuación cúbica es 0.395 y el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.156$ ; además existen cuatro ecuaciones que presentan el mismo coeficiente de determinación  $R^2 = 0.133$  y coeficiente de correlación = 0.365. Estas cuatro ecuaciones son la ecuación “compuesto”,

la ecuación “crecimiento”, la ecuación “logística” y la ecuación “exponencial” (Cuadro 9 y Figura 2).

Cuadro 9. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Senefeldera inclinata* Mull. Arg.

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	R <sup>2</sup>	R	Constante	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineal	0.131	0.362	12.179	0.568		
Logarítmico	0.111	0.333	8.809	3.961		
Inverso	0.063	0.251	19.271	-16.511		
Cuadrático	0.132	0.363	11.669	0.695	-0.007	
Cúbico	0.156	0.395	18.098	-1.828	0.28	-0.01
Compuesto	0.133	0.365	12.449	1.033		
Potencia	0.114	0.338	10.252	0.227		
S	0.066	0.257	2.928	-0.953		
Crecimiento	0.133	0.365	2.522	0.032		
Exponencial	0.133	0.365	12.449	0.032		
Logística	0.133	0.365	0.08	0.968		

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>: constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones aplicadas en la investigación, se aprecia notablemente en la tendencia “compuesta”, “crecimiento”, “exponencial” y “logística” que tiene la relación

diámetro – altura comercial de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana) (Figura 3).

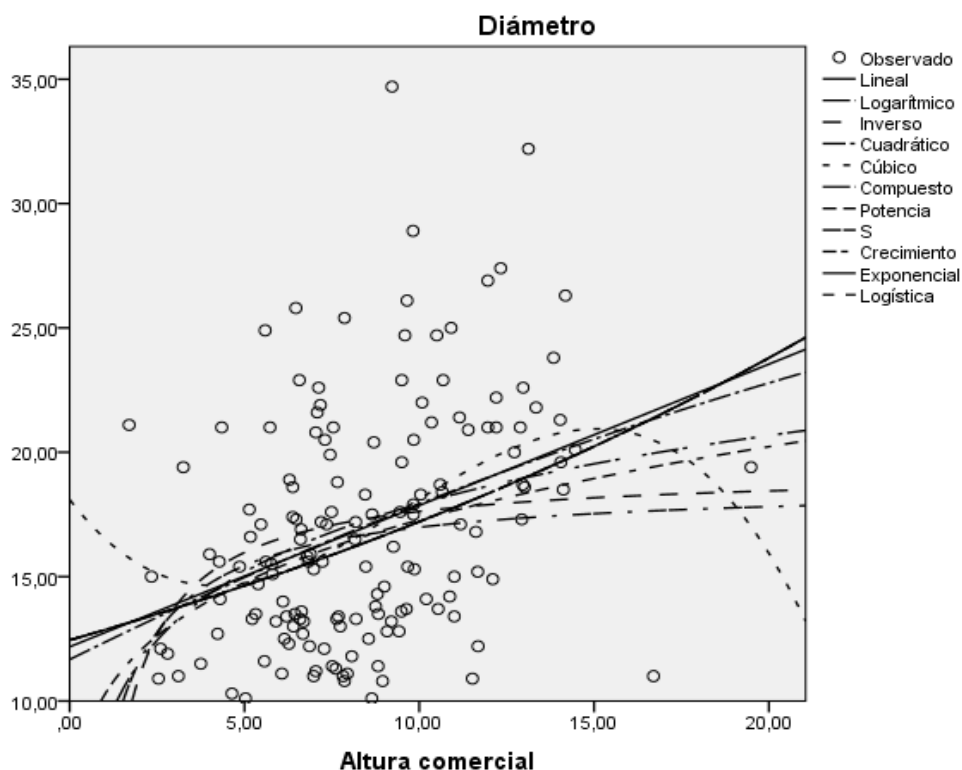


Figura 2. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg., (huangana).

#### 4.2.2. Relación entre diámetro y altura total de *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana)

En la relación diámetro y altura total de los árboles registrados de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg., (huangana), indican que cuatro ecuaciones son las que más se ajustan a ésta relación: “compuesto”, “crecimiento”, “exponencial” y “logística”, en ella se observa que el coeficiente

de correlación es 0.513, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.263$ ; (Cuadro 10).

Cuadro 10. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg.

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	$R^2$	R	Constante	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Lineal	0.252	0.502	6.49	0.634		
Logarítmico	0.242	0.492	-11.162	10.122		
Inverso	0.218	0.467	26.244	-145.397		
Cuadrático	0.252	0.502	7.218	0.545	0.003	
Cúbico	0.261	0.511	28.249	-3.407	0.24	-0.005
Compuesto	0.263	0.513	8.922	1.037		
Potencia	0.263	0.513	3.147	0.593		
S	0.239	0.489	3.345	-8.621		
Crecimiento	0.263	0.513	2.189	0.037		
Exponencial	0.263	0.513	8.922	0.037		
Logística	0.263	0.513	0.112	0.964		

$R^2$ : Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

$b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ : constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “compuesta”, “crecimiento”, “exponencial” y “logística” que tiene la relación diámetro – altura total de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana) (Figura 3).

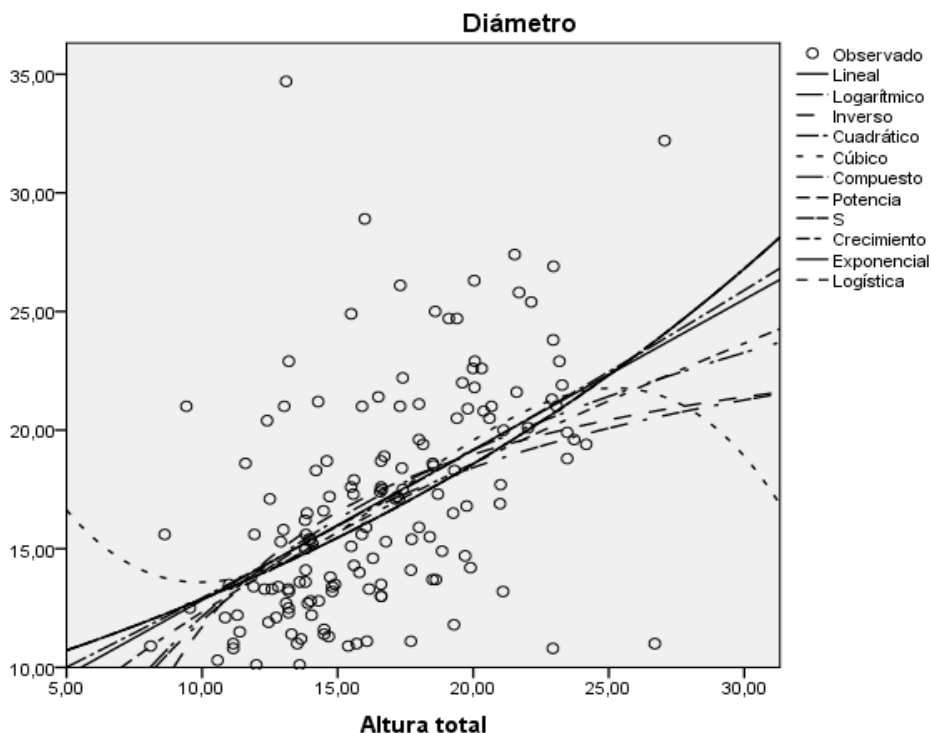


Figura 3. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Senefeldera inclinata* Müll. Arg., (huangana).

#### 4.2.3. Relación entre diámetro y altura comercial de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura comercial de los árboles registrados de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “S”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.831 con la cual se dictamina que la relación entre ambas variables fue buena, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.691$  indica que en un 69.1% el diámetro a la altura del pecho determina el comportamiento de la altura comercial (Cuadro 11).

Cuadro 11. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	R <sup>2</sup>	R	Constante	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineal	0.510	0.714	-32.151	5.099		
Logarítmico	0.505	0.711	-182.2	86.251		
Inverso	0.488	0.699	145.575	-1282.21		
Cuadrático	0.510	0.714	-29.312	4.755	0.009	
Cúbico	0.511	0.715	-25.233	4.467	0	0.001
Compuesto	0.644	0.802	4.716	1.123		
Potencia	0.682	0.826	0.128	2.024		
S	0.691	0.831	5.678	-30.8		
Crecimiento	0.644	0.802	1.551	0.116		
Exponencial	0.644	0.802	4.716	0.116		
Logística	0.644	0.802	0.212	0.891		

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>: constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “S” que tiene la relación diámetro – altura comercial de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo), además, dos datos excéntricos que se encontraban alejados de las curvas elaborados (Figura 4).

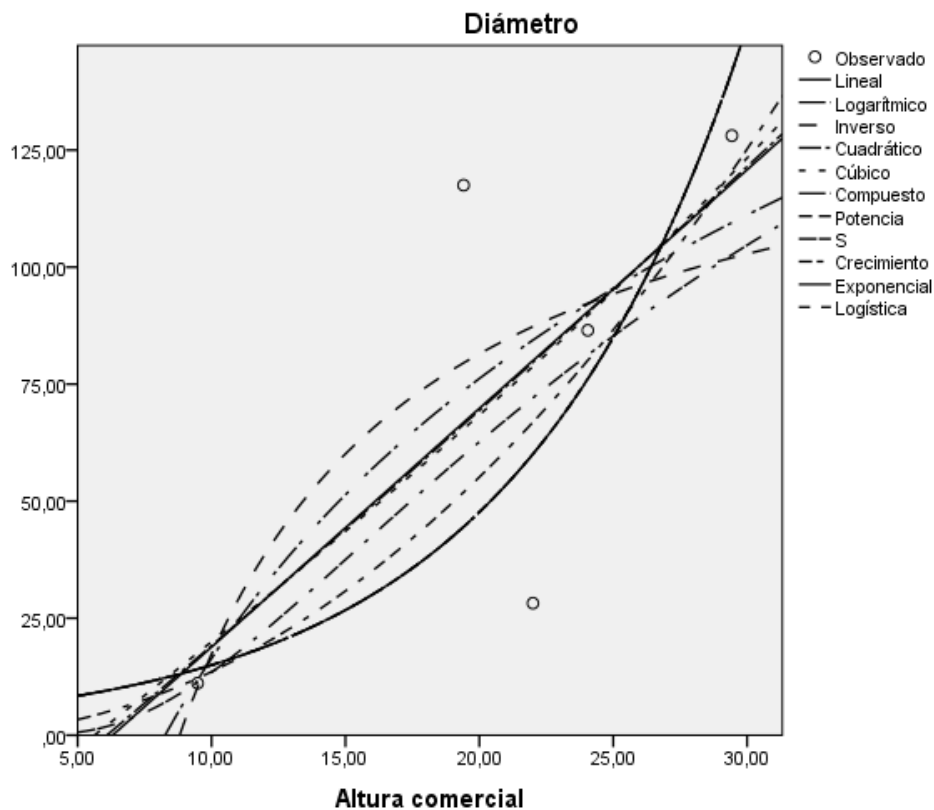


Figura 4. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo).

#### 4.2.4. Relación entre diámetro y altura total de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura total de los árboles registrados de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “S”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.887 reportando que dicha relación es considerada como excelente, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.786$

que indicaba que en un 78.6% el valor del diámetro a la altura del pecho determina la altura total de la planta para la especie mencionada (Cuadro 12).

Cuadro 12. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	R <sup>2</sup>	R	Constante	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineal	0.704	0.839	-13.847	2.65		
Logarítmico	0.719	0.848	-195.543	79.586		
Inverso	0.644	0.802	141.875	-1755.6		
Cuadrático	0.733	0.856	-50.089	5.093	-0.034	
Cúbico	0.762	0.873	68.834	-9.473	0.456	-0.005
Compuesto	0.660	0.812	9.412	1.053		
Potencia	0.774	0.880	0.185	1.667		
S	0.786	0.887	5.472	-39.145		
Crecimiento	0.660	0.812	2.242	0.052		
Exponencial	0.660	0.812	9.412	0.052		
Logística	0.660	0.812	0.106	0.95		

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>: constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “S” que tiene la relación diámetro – altura total de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo), se observa tres

valores observados que no se encuentran muy cercanas los modelos elaborados (Figura 5).

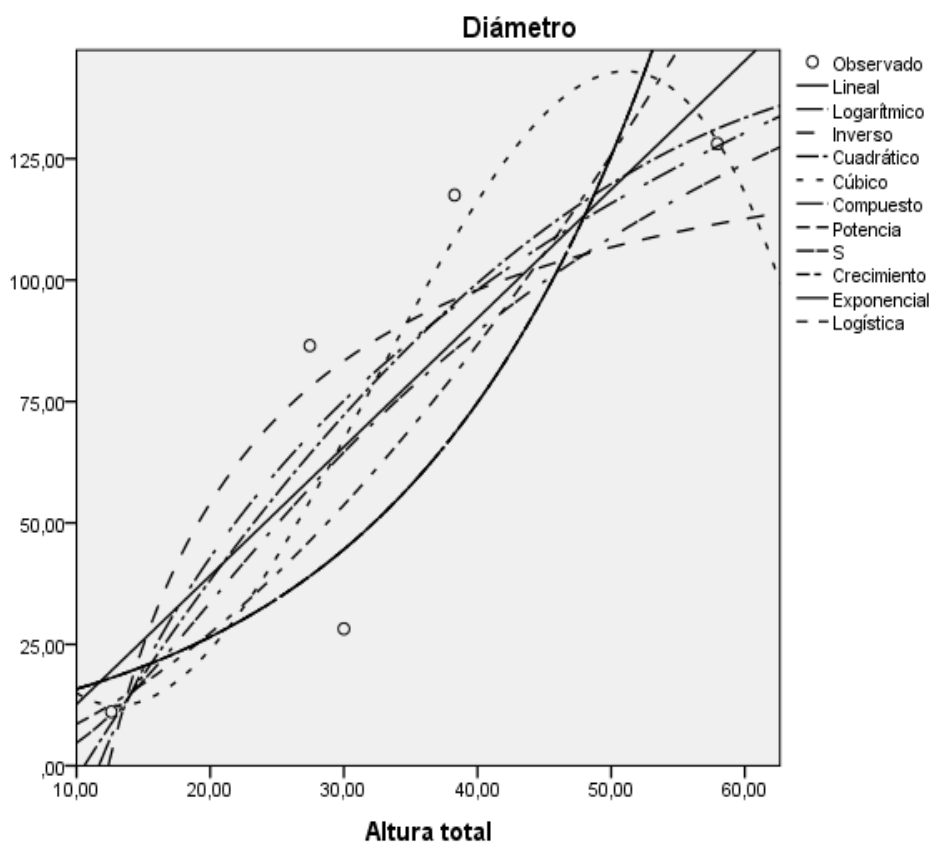


Figura 5. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo).

#### 4.2.5. Relación entre diámetro y altura comercial de *Hevea guianensis* Aubl., (shiringa)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura comercial de los árboles registrados de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “cúbica”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.843 con la cual se indica que las dos variables

se encuentran relacionados con una categoría de buena, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.710$  el cual señala que en un 71.0% el diámetro a la altura del pecho determina la altura comercial (Cuadro 13).

Cuadro 13. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	$R^2$	R	Constante	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Lineal	0.541	0.736	-1.49	2.97		
Logarítmico	0.586	0.766	-62.007	39.711		
Inverso	0.564	0.751	75.783	-431.288		
Cuadrático	0.630	0.794	-47.145	10.181	-0.252	
Cúbico	0.710	0.843	66.248	-18.899	1.993	-0.053
Compuesto	0.586	0.766	9.602	1.096		
Potencia	0.659	0.812	1.41	1.243		
S	0.663	0.814	4.68	-13.797		
Crecimiento	0.586	0.766	2.262	0.091		
Exponencial	0.586	0.766	9.602	0.091		
Logística	0.586	0.766	0.104	0.913		

$R^2$ : Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

$b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ : constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “cúbica” que tiene la relación diámetro – altura comercial de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa) observándose varios

datos observados que no están muy cercanos a los modelos realizados (Figura 6).

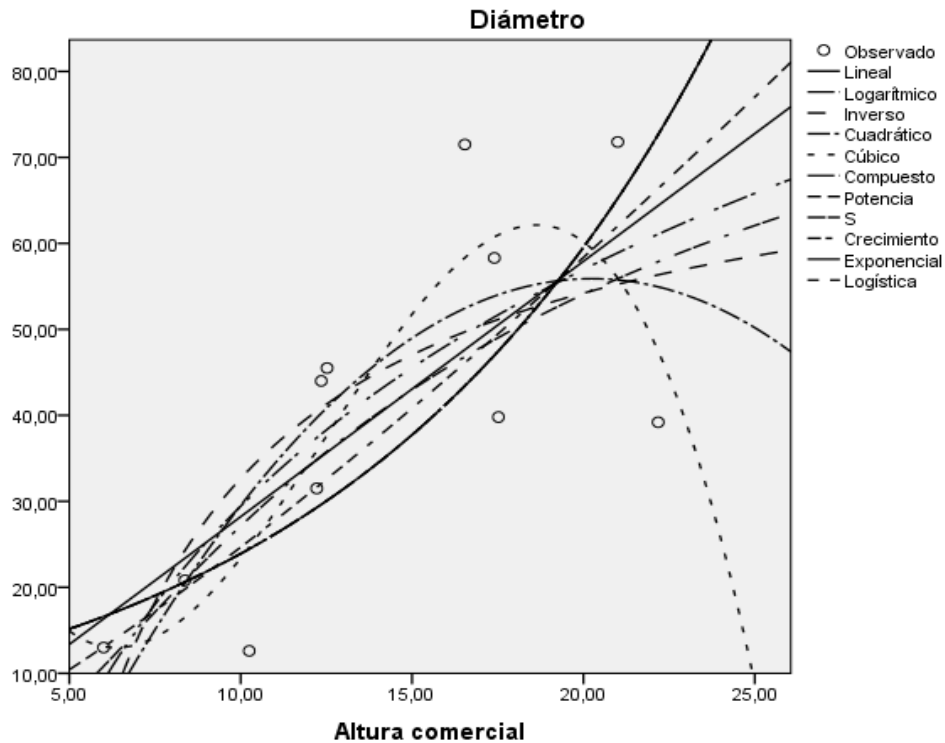


Figura 6. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa).

#### 4.2.6. Relación entre diámetro y altura total de *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura total de los árboles registrados de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “potencia”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.872 con el cual dicha relación se le categoriza como excelente garantizando la elaboración del modelo, y que el coeficiente de

determinación fue  $R^2 = 0.760$  con el cual se tiene que en un 76.0% el diámetro a la altura del pecho determina el comportamiento de la altura total en la especie mencionada (Cuadro 14).

Cuadro 14. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	$R^2$	R	Constante	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Lineal	0.658	0.811	-17.568	2.562		
Logarítmico	0.626	0.791	-105.951	47.669		
Inverso	0.562	0.750	78.753	-776.758		
Cuadrático	0.664	0.815	-1.655	0.852	0.041	
Cúbico	0.670	0.819	-48.698	8.693	-0.359	0.006
Compuesto	0.759	0.871	5.535	1.085		
Potencia	0.760	0.872	0.298	1.551		
S	0.716	0.846	4.825	-25.86		
Crecimiento	0.759	0.871	1.711	0.081		
Exponencial	0.759	0.871	5.535	0.081		
Logística	0.759	0.871	0.181	0.922		

$R^2$ : Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

$b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ : constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “potencia” que tiene la relación diámetro – altura

total de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa), observándose variación de los valores observados respecto a los modelos generados (Figura 7).

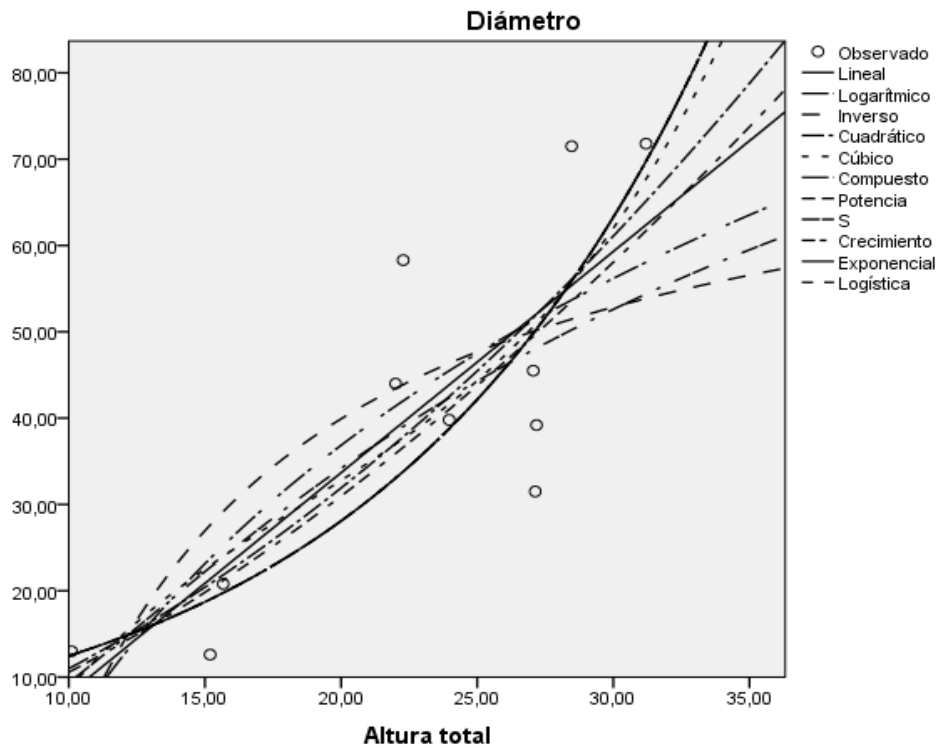


Figura 7. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa).

#### 4.2.7. Relación entre diámetro y altura comercial de *Pourouma minor* Benoist (uvilla)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura comercial de los árboles registrados de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “potencia”.

Para la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla) se observa que el coeficiente de correlación para la ecuación potencia es 0.727 y el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.528$  (Cuadro 15).

Cuadro 15. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	$R^2$	R	Constante	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Lineal	0.436	0.660	6.128	0.660		
Logarítmico	0.440	0.664	-25.342	0.664		
Inverso	0.409	0.639	49.810	-0.639		
Cuadrático	0.441	0.664	-0.736	18.696	-0.039	
Cúbico	0.447	0.669	-19.984	52.446	-0.381	-0.027
Compuesto	0.497	0.705	11.463	2.692		
Potencia	0.528	0.727	3.447	1.690		
S	0.514	0.717	4.068	0.183		
Crecimiento	0.497	0.705	2.439	0.235		
Exponencial	0.497	0.705	11.463	2.692		
Logística	0.497	0.705	0.087	0.020		

$R^2$ : Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

$b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ : constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados obtenidos de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “potencia” que tiene la relación diámetro – altura comercial de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla), además, dos

datos excéntricos que se encontraban alejados de las curvas elaborados (Figura 8).

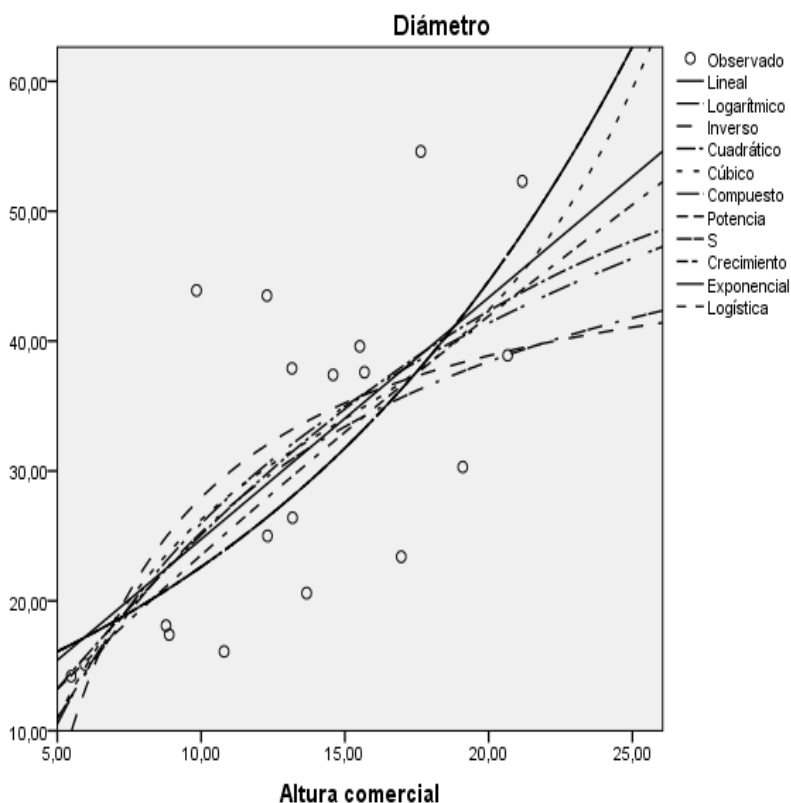


Figura 8. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla).

#### 4.2.8. Relación entre diámetro y altura total de *Pourouma minor* Benoist (uvilla)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura total de los árboles registrados de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “potencia”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.891 reportando que dicha relación es considerada como

excelente, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.794$  que indicaba que en un 79.4% el valor del diámetro a la altura del pecho determina la altura total de la planta para la especie mencionada (Cuadro 16).

Cuadro 16. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	$R^2$	R	Constante	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Lineal	0.753	0.868	-10.984	6.037		
Logarítmico	0.746	0.864	-90.528	17.290		
Inverso	0.701	0.837	68.530	6.149		
Cuadrático	0.756	0.870	-21.226	24.769	0.055	
Cúbico	0.757	0.870	-19.702	18.219	-1.081	0.296
Compuesto	0.777	0.882	6.615	1.297		
Potencia	0.794	0.891	0.391	0.209		
S	0.769	0.877	4.692	0.185		
Crecimiento	0.777	0.882	1.889	0.196		
Exponencial	0.777	0.882	6.615	1.297		
Logística	0.777	0.882	0.151	0.030		

$R^2$ : Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

$b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ : constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados obtenidos de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “potencia” que tiene la relación diámetro – altura comercial de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla), además, dos

datos excéntricos que se encontraban alejados de las curvas elaborados (Figura 9).

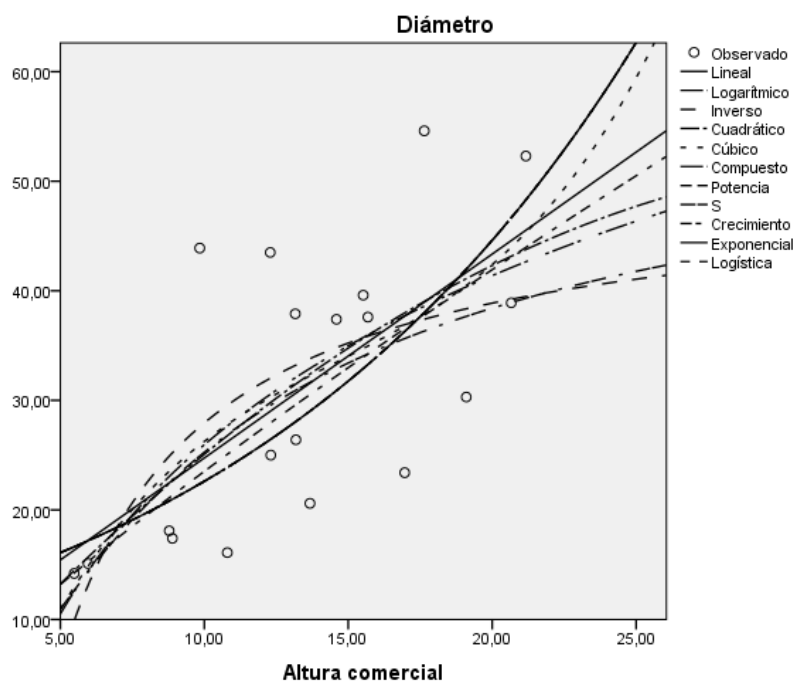


Figura 9. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Pourouma minor* Benoist (uvilla).

#### 4.2.9. Relación entre diámetro y altura comercial de *Dacryodes nitens* Cuatrec., (copal negro)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura comercial de los árboles registrados de la especie *Dacryodes nitens* Cuatrec. (copal negro), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “cúbica”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.936 con el cual se categoriza a dicha relación como buena, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.877$  con el

cual se tiene que en un 87.7% el diámetro a la altura del pecho determina el comportamiento de la altura comercial en la especie mencionada (Cuadro 17).

Cuadro 17. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Dacryodes nitens* Cuatrec. (copal negro).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	R <sup>2</sup>	R	Constante	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineal	0.829	0.910	-28.627	5.726		
Logarítmico	0.736	0.858	-114.404	63.031		
Inverso	0.608	0.780	93.046	-599.334		
Cuadrático	0.871	0.933	15.534	-1.793	0.295	
Cúbico	0.877	0.936	-47.209	15.259	-1.152	0.038
Compuesto	0.780	0.883	6.522	1.149		
Potencia	0.773	0.879	0.662	1.618		
S	0.713	0.844	4.997	-16.259		
Crecimiento	0.780	0.883	1.875	0.139		
Exponencial	0.780	0.883	6.522	0.139		
Logística	0.780	0.883	0.153	0.87		

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>: constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “cúbica” que tiene la relación diámetro – altura comercial de la especie *Dacryodes nitens* Cuatrec. (copal negro) con valores observados muy cercanas a los modelos generados (Figura 10).

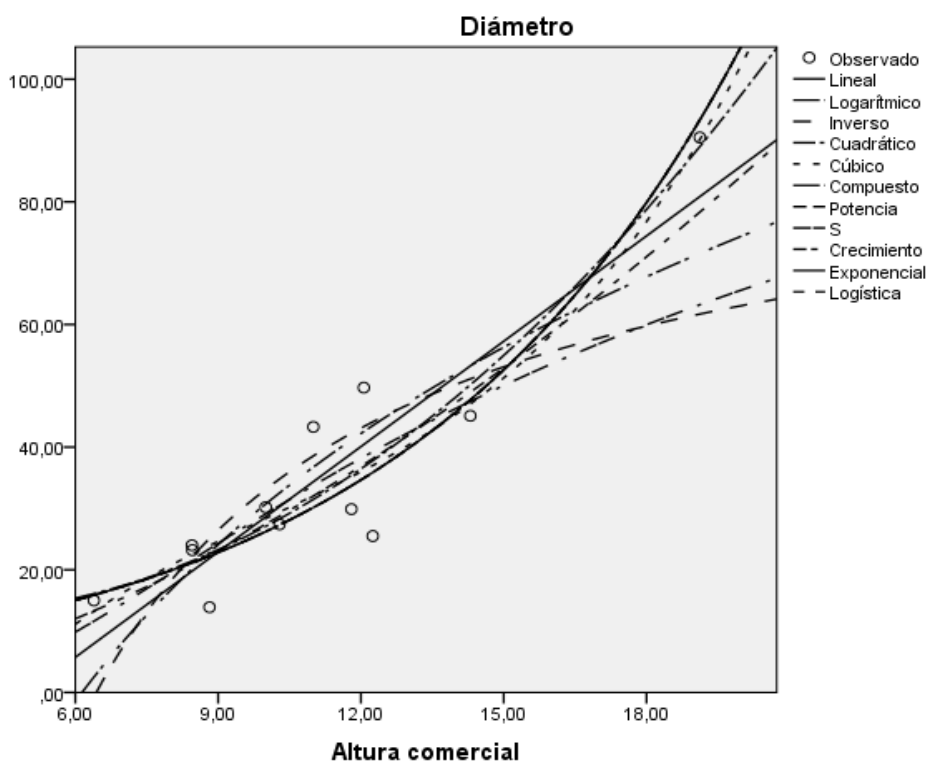


Figura 10. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura comercial de la especie *Dacryodes nitens* (copal negro).

#### 4.2.10. Relación entre diámetro y altura total de *Dacryodes nitens* Cautrec., (copal negro)

Los modelos alométricos aplicados a la relación diámetro y altura total de los árboles registrados de la especie *Dacryodes nitens* Cautrec. (copal negro), indican como resultado que una de las once ecuaciones evaluadas es la que más se ajusta a ésta relación es la “cúbica”. Se observa que el coeficiente de correlación es 0.790 con el cual se puede categorizar a dicha relación como excelente por estar en la penúltima categoría de la clasificación, y que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.624$  con el cual se tiene que en un

62.4% el diámetro a la altura del pecho determina el comportamiento de la altura total en la especie mencionada (Cuadro 18).

Cuadro 18. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Dacryodes nitens* Cautrec. (copal negro).

Ecuación	Estimaciones de parámetros					
	R <sup>2</sup>	R	Constante	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Lineal	0.496	0.704	-2.561	1.758		
Logarítmico	0.475	0.689	-72.105	35.82		
Inverso	0.423	0.650	68.766	-624.41		
Cuadrático	0.497	0.705	-6.604	2.157	-0.009	
Cúbico	0.624	0.790	190.74	-27.746	1.359	-0.019
Compuesto	0.592	0.769	10.968	1.049		
Potencia	0.594	0.771	1.527	1.003		
S	0.552	0.743	4.389	-17.874		
Crecimiento	0.592	0.769	2.395	0.048		
Exponencial	0.592	0.769	10.968	0.048		
Logística	0.592	0.769	0.091	0.953		

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación para los modelos matemáticos.

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>: constantes de las ecuaciones.

Para comprender los resultados de la aplicación de las ecuaciones se aprecia en la tendencia “cúbica” que tiene la relación diámetro – altura total de la especie *Dacryodes nitens* Cautrec. (copal negro) y se observan valores observados dispersos respecto a los modelos generados (Figura 11).

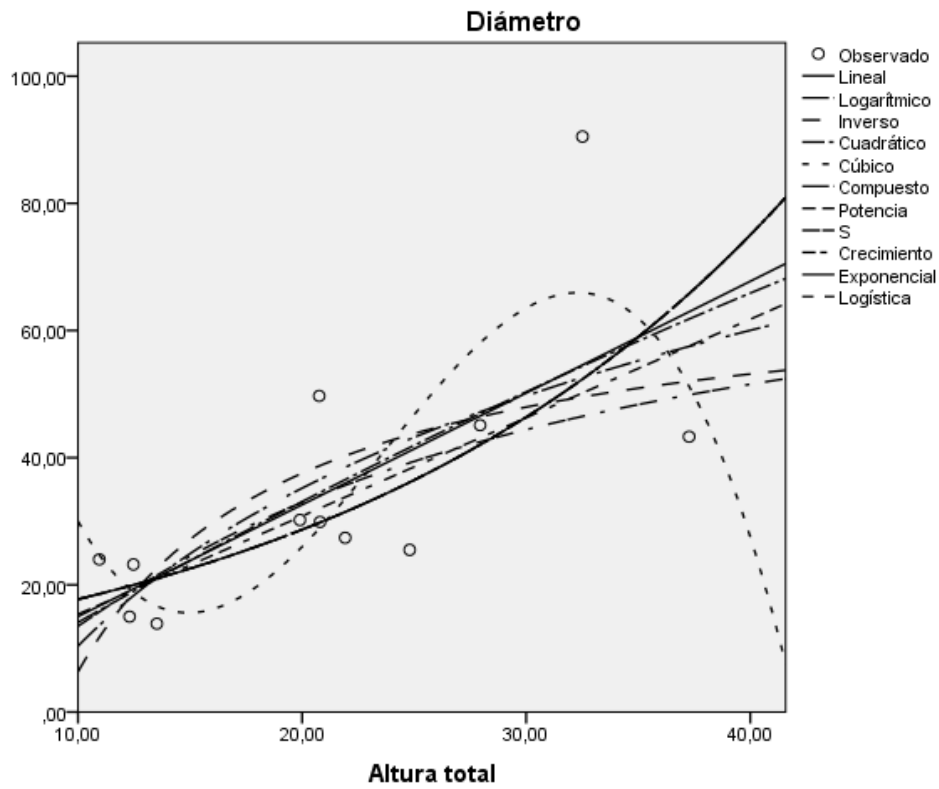


Figura 11. Modelo alométrico aplicado a la relación diámetro – altura total de la especie *Dacryodes nitens* Cautrec. (copal negro).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Sobre el índice de valor de importancia de las especies registradas en la parcela permanente de monitoreo N° 4

Al finalizar la investigación, se determinó que en la Parcela Permanente de Monitoreo N° 4, existen 93 géneros y 121 especies, información que forma parte de la composición florística propuesta por Louman *et al.* (2001) quien señala que, el número de familias, géneros y especies que se registran dentro del bosque al momento de realizar un inventario determinan la composición florística. Estos datos obtenidos son superiores a los determinados por Soto (2016) que, al analizar la composición florística en la Parcela Permanente de Monitoreo N ° 1 del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, determinó que está representado por 79 géneros y 108 especies. Así mismo, la especie más importante en la PPM4 fue *Senefeldera inclinata* (huangana); mientras que en la PPM1, la especie más importante fue *Parkia panurensis*. Sin embargo, al cotejar con otras investigaciones, como las de Espinoza (2013) y Quispe (2016), realizadas en Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se determina que la especie más importante es *Senefeldera inclinata* (huangana).

Al respecto, Gentry (1991) menciona que, hasta 1500 m.s.n.m los bosques montanos de baja altitud son similares en diversidad florísticas a

bosques de la selva baja. Asimismo, la diversidad disminuye con la altitud, siendo *Senefeldera inclinata* (huangana) la especie con mayor importancia ecológica en esta región; debido a que suelen establecerse en gran número y ser poco exigentes, ya que son tolerantes a la sombra en las primeras etapas de su desarrollo y probablemente necesiten luz para llegar a etapas de madurez, ya que los niveles de competencia aumentan en los árboles grandes como en este caso *Senefeldera inclinata* (Euphorbiaceae) (Vásquez y Rojas, 2006).

## **5.2. Sobre las ecuaciones alométricas para las especies dominantes**

Se determinó la existencia de cinco especies más dominantes en la Parcela Permanente de Monitoreo N° 4, las cuales fueron: *Senefeldera inclinata* (huangana), *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Hevea guianensis* (shiringa), *Pourouma minor* (uvilla) y *Dacryodes nitens* (copal negro); los cuales presentan un alto grado de ocupación con respecto a otras especies (Gutiérrez, 2007). La especie más dominante en la PPM4 coincide con el resultado obtenido por Rodríguez (2000), quien tras realizar una investigación en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, señaló que la especie más dominante fue *Senefeldera inclinata* (huangana).

Se obtuvieron resultados de ecuaciones alométricas para las especies dominantes mencionadas anteriormente, utilizando la relación diámetro – altura comercial y diámetro – altura total; debido a que las alturas totales son normalmente predichas al determinar la relación (Gadow *et al.*,

2004) y debido a que, entre la altura de un árbol y el diámetro a la altura del pecho existe una relación, no lineal (Vargas, 2007). Estas ecuaciones son muy importantes, debido a que en el campo, en los inventarios, la medición de las alturas requieren de más tiempo y generan más altos costos (Zambrano *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2013). Generalmente, estas relaciones son afectadas por la calidad de sitio y la densidad del rodal (Prodán *et al.*, 1997; Stout y Shumway, 1982).

Para la determinación de las ecuaciones con mayor exactitud, se trabajó con una sub muestra de árboles con el objetivo de obtener pares de observaciones de diámetro – altura, y haciendo uso de muestreo aleatorio simple sin reemplazamiento (Arabatzis y Burkhardt, 1992). Para la relación diámetro – altura comercial, las ecuaciones determinadas en la investigación fueron: “cúbica” (*Senefeldera inclinata* Müll. Arg., *Hevea guianensis* Aubl. y *Dacryodes nitens* Cautrec.), “S” (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) y “potencia” (*Pourouma minor* Benoist); mientras que para la relación diámetro – altura total, las ecuaciones determinadas fueron: “compuesta”, “crecimiento”, “exponencial” y “logística” (*Senefeldera inclinata* Müll. Arg.), “S” (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), “potencia” (*Hevea guianensis* Aubl. y *Pourouma minor* Benoist) y “cúbica” (*Dacryodes nitens* Cautrec.). Por lo tanto, queda demostrado que para modelar con mayor exactitud la relación altura – diámetro se requiere de ecuaciones no lineales (Leroy, 1989; Zhang, 1997 y Peng *et al.*, 2001), debido a que estas ecuaciones aseguran un comportamiento más consistente de la curva (Huang *et al.*, 1992).

## VI. CONCLUSIONES

1. Las especies con mayor índice de importancia en la PPM 4 fueron: *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana) 15.86%, *Pourouma minor* Benoist (uvilla) 4.46%, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) 3.88%, *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa) 3.55%, *Dacryodes nitens* Cautrec. (copal negro) 3.14% y *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry (caobilla) 3.06%.
2. Las cinco especies forestales con mayor dominancia en la PPM 4 fueron: *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana) 11.67%, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (tornillo) 9.50%, *Hevea guianensis* Aubl. (shiringa) 5.54%, *Pourouma minor* Benoist (uvilla) 5.26% y *Dacryodes nitens* Cautrec. (copal negro) 4.75%. En las ecuaciones alométricas para las especies dominantes, en la relación diámetro – altura comercial, el 60% presentaron ecuación “cúbica”, el 20% ecuación “potencia” y 20% ecuación “S”; mientras que en la relación diámetro – altura total, el 40% presentaron ecuación “potencia”, el 40% ecuación cúbica” y en el caso de la *Senefeldera inclinata* Müll. Arg. (huangana) presentó cuatro ecuaciones (“compuesta”, “crecimiento”, “exponencial” y “logística”).

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios similares en otras condiciones de tipo de bosque en parcelas permanente de monitoreo, para determinar el grado de asociación entre variables, de las diferentes especies forestales, con la finalidad de realizar comparaciones.
2. Desarrollar estudios de otras variables (forma de la copa del árbol, infestación de lianas, forma de fuste y calidad de fuste) de las especies forestales dominantes con la finalidad de obtener información para ser usados como de manejo forestal, tratamiento silvicultural y aprovechamiento forestal.
3. Continuar con la investigación en la PPM 4, así poder generar una base de datos actualizados periódicamente y determinar la dinámica del bosque referente a la altura total, altura comercial y diámetro.
4. Evaluar ecuaciones alométricas con método tradicional, así poder comparar la diferencia de ambas evaluaciones y diferenciar los resultados.

## VIII. ABSTRACT

This work was carried out in the UNAS Reserved Forest, with the objective of determining the importance value index and allometric equations for the dominant species. A permanent monitoring plot (PPM4) of 100 x 100 m was evaluated, registering all individuals with a chest height diameter  $\geq 10$  cm. The results indicate that 121 species were registered, of which 5 timber forest species were considered with the highest index of importance "*Senedelfera inclinata*" (15.86%), "*Cerelinga cateniformis*" (4.46%), "*Hevea guianensis*" (3.55%), "*Dacrydes nitens*" (3.14%), "*Otoba parvifolia*" (3.06%). The relationship between diameter and height of the trees of the permanent monitoring plot (PPM4) is between "good" and "Excellent" with correlation coefficient  $0.50 < r \leq 0.75$  (commercial height) and  $0.75 < r \leq 1$  (total height); 7 mathematical models for forest species were adjusted, they were: cubic, S, power, compound, growth, exponential and logistics for the diameter - height ratio of the species of the permanent monitoring plot (PPM4). The relationship diameter - commercial height with "good" correlation with value of  $<0.75 \geq 0.50$  and diameter - total height with "excellent" correlation value  $<1 \geq 0.75$ .

**Keywords:** Allometric models, species, correlation, permanent plot.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arabatzis, A., Burkhart, H. 1992. An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations. *For. Sci.* 38:192-198.
- Assman, E. 1970. *The principles of forest yield studies*. Pergamon Press, Oxford. 506 p.
- Bascope, S., Jorgensen, P. 2005. Caracterización de un bosque montano húmedo: Yunga, La Paz. *Ecología en Bolivia*, La paz, Bolivia. 40(3):365-379 p.
- Benítez, C., Pece, M., Ferrari, J. 1988. Determinación de curvas de altura en función del diámetro en parcelas experimentales de álamos de la Estación Experimental San Carlos (Departamento Banda, Santiago del Estero). VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero.
- Burkhart, H., Daniels, R., Strub, M. 1972. Yield of old -field loblolly pine plantations. School of Forestry and Wildlife Resources, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Publ. FWS-3-72.
- Blas, J. 2004. Establecimiento y evaluación de parcelas permanentes de medición en el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables,

mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 78 p.

Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: "Guía para el establecimiento y medición" Turrialba, Costa Rica: CAME, 2000. Manual Técnico N° 42/CATIE.

Cañadas, A., Rade, D., Domínguez, J., Murillo, I., Molina, C. 2016. Modelación forestal como Innovación tecnológica para el manejo silvicultural y aprovechamiento económico de la Balsa, Región Costa-Ecuador. Ed. Abya-Yala, Quito (Ecuador).

Corvalan, P., Hernández, J. 2006. Densidad del rodal. Universidad De Chile Facultad de Ciencias Forestales. Depto. Manejo de recursos Forestales. Catedra de Dasometría 2006.

Cruz-Leyva, I., Valdéz, J., Ángeles, G., Santos, H. 2010. Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo. Madera y Bosques. 16(3):75-97.

Diéguez, A., Barrio, M., Castedo, F., Ruíz, A., Álvarez, M., Álvarez, J., Rojo, A. 2005. Dendrometría. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 327 p.

Espinoza, J. 2013. Composición florística de la colina alta del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables mención Forestales. Tingo María, Perú. 69 p.

- Fang, Z., Bailey, R.L. 1998 Height-diameter models for tropical forests on Hainan Island in southern China. *Forest Ecology and Management*. 110:315-3F27.
- Flewelling, J., Jong, R. 1994. Considerations in simultaneous curve fitting for repeated height-diameter measurements. *Can. J. For. Res.* 24:1408-1414.
- Gadow, K., Hui, G. 1999. *Modeling forest development*. Kluwer Academic Publishers. 228 p.
- Gadow, K., Sánchez O., Aguirre, O. 2004. Manejo forestal con bases científicas. *Madera y Bosques*. 10(2):3-16.
- Garcia, O. 1996. Toward new site index curves for Douglas-fir in the Netherlands. Working Paper, Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Economics and Natural Resources, Unit of Forestry. 11 p.
- Gómez, G., Crecente, E., Pérez, F., Diéguez, U. 2013. Relación altura diámetro generalizada para rodales regulares de *Quercus robur* L. en Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 35:201-209.
- Gutiérrez, F. 2007. *Plan de ordenación del Bosque Reservado de las Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María*. 145 p.
- Holdridge, R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. 3 ed. San José, Costa Rica, Servicio editorial IICA. 216 p.

- Huanaquiri, V. 2015. "Diversidad florística y estructura de los bosques de las comunidades nativas de esperanza, La Florida, San Pedro y Mairidal, de la Cuenca del Rio Putumayo – Perú, 2012". Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. 90 p.
- Huang, S., Price, D., Titus, S. 2000. Development of ecoregion base de height-diameter models for white spruce in boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 129:125-141.
- Huang, S., Titus, S., Wiens, D. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Can. J. For. Res.* 22:1297-1304.
- Husch, B., Miller, H., Beers, T. 1982. *Forest Mensuration*. Krieger Publishing Company. Malabar. Florida. 402 p. ISBN 0-471-04423-7.
- IFER. 2008. *Lithuanian National Forest Inventory and Field Map*, Prague. 28 p.
- Jayaraman, K., Lappi, J. 2001. Estimation of height–diameter curves through multilevel models with special reference to even-aged teak stands. *Forest Ecology and Management.* 142(1):155-162.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zunsam mennarbeit. Berlin, Alemania. 335 p.
- Larsen, D., Hann, D. 1987. Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon. Oregon State University. Forest Research Laboratory. Res. Paper N° 49. 16 p.

- Lappi, J. 1997. A longitudinal analysis of height-diameter curves. *For. Sci.* 43(4):555-570.
- Leaño, C., Saravia, P. 1998. Monitoreo de parcelas permanentes de medición en el bosque Caimanes. Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR. Documento Técnico 67/1998. Santa Cruz, Bolivia.
- Leroy, D. 1989. Height-diameter equations for young-growth red fir in California and the southern Oregon. Research Note PSW-408, USDA Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 4 p.
- Louman, B., Quiroz, D., Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedo con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Lynch, T, Murphy, P. 1995. A compatible height prediction and projection system for individual trees in natural, evenaged shortleaf pine stands. *For. Sci.* 41(1):194-209.
- MAP GEOSOLUTIONS SAC. 2009. Mapgs, (<http://www.mapgs.com.pe/fieldmap>, 2 Enero. 2019).
- Melo, A., Vargas, R. 2001. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad de Tolima; CRQ, Carder, Corpocaldas, Cotolima. Colombia. 222 p.
- Mori, L. 2014. Modelos alométricos para estimar altura y volumen del bosque de terraza media y especies más importantes de la carretera Iquitos Nauta, Perú. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de

la Amazonía Peruana. 65 p. [En línea]: UNAP, ([http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3559/LuisM\\_Tesis\\_Titulo\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3559/LuisM_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y), tesis, 02 Jun. 2019).

Mostacedo, B., Fredericksen, T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal Proyecto de manejo” BOLFOP, santa Cruz de la sierra Editora el País. Bolivia. 21 p.

Omule, S., MacDonald, R. 1991. Simultaneous curve for repeated height-diameter measurements. Can. J. For. Res. 21:1418-1422.

Peng, C., Zhang, L., Liu, J. 2001. Developing and validating non-linear height-diameter models for major tree species of Ontario’s Boreal Forests. N. J. Appl. For. 18:87-94.

Pinedo, J. 2013. Determinación de la composición florística en parcela permanente de medición (PPM) utilizando tecnología Field-Map en el BRUNAS. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 125 p.

Pinelo, M. 2000. Manual para el Establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica.

Puerta, R. 2007. Modelo Digital de Elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Maestro en ciencias en Agroecología Mención Gestión Ambiental. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 119 p.

- Prodán, M., Peters, R., Cox, F., Real, P. 1997. Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo sostenible. San José de Costa Rica.
- Quispe, D. 2016. Análisis comparativo de bosque colina baja y colina alta en Tingo María. Tesis en Ciencias en Agroecología mención Ambiental. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 132 p.
- RAINFOR. 2016. Manual de campo para el establecimiento y la remediación de parcelas. Pan Amazonia. The royal society. 28 p.
- Rodríguez, W. 2000. Estudio cuantitativo de la diversidad forestal del BRUNAS. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María. Universidad nacional Agraria de la Selva. 119 p.
- Soares, P., Tomé, M. 2002. Heightdiameter equation for first rotation eucalypt plantations in Portugal. *Forest Ecology and Management*. 166:99-109.
- Soto, Y. 2016. Inventario dendrológico una parcela permanente de medición del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 132 p.
- Stout, B., Shumway, D. 1982. Site quality estimation using height and diameter. *Forest Science*. 28(3):639-645.
- Vargas, V. 2007. Estadística descriptiva para ingeniería ambiental con SPSS. Cali, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 298 p.

- Vásquez, R. 2016. "Diversidad y composición florística en un área de bosque húmedo premontano, en la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco". Tesis Maestría en Bosques y gestión de recursos forestales. Lima, Perú. 89 p.
- Vásquez, R., Rojas, R. 2006. Plantas de la Amazonía Peruana. Claves para Identificación las Familias de Gymnospermae y Angiospermae. Missouri Botanical Garden. Segunda edición 13(1). Trujillo, Perú. Arnaldoa. 258 p.
- Van Laar, C. 1986. Die Güte der Anpassung linearer Modelle zur Darstellung der Bestandeshöhenkurve. Forstarchiv. 57:134-137.
- Wang, C., Hann, D. 1988. Height-diameter equations for sixteen tree species in the Central Western Willamette Valley of Oregon. Forest Research Lab., College of Forestry, Oregon State University. 7 p.
- Woollons, R. 2003. Examination of mean top height definitions and the height estimation equations for *Pinus radiata* in New Zealand. NZ Journal of Forestry. 48:15-18.
- Zavala, W. 1999. Estudio morfopedológico como base para la recuperación de suelos degradados en Tingo María. Tesis Magíster Ciencias en Suelos. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zhang, L. 1997. Cross-validation of non-linear growth functions for modelling tree height-diameter relationships. Annals of Botany. 79:251-257.

**ANEXO**



Figura 12. Equipo técnico de evaluación de la PPM 4.



Figura 13. Medición de diámetro de individuos.



Figura 14. Instalación del equipo de Field Map.



Figura 15. Evaluación de individuos con el equipo Field Map.



Figura 16. Georreferenciación con el equipo de Field Map.



Figura 17. Registro de datos con el equipo de Field Map.

Cuadro 19. Índice de valor importancia de especies.

N°	Especies	Frecuencia a relativa%	Abundancia relativa%	Dominancia relativa%	IVI %
1	<i>Senefeldera inclinata</i>	7.29	28.60	11.67	15.86
2	<i>Pourouma minor</i>	4.56	3.55	5.26	4.46
3	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	1.22	0.93	9.50	3.88
4	<i>Hevea guianensis</i>	3.04	2.06	5.54	3.55
5	<i>Dacryodes nitens</i>	2.43	2.24	4.75	3.14
6	<i>Otoba parvifolia</i>	3.34	2.99	2.85	3.06
7	<i>Cecropia sciadophylla</i>	2.13	2.62	3.27	2.67
8	<i>Schizocalyx peruvianus</i>	3.04	2.80	0.79	2.21
9	<i>Pseudolmedia laevis</i>	2.43	1.87	2.13	2.14
10	<i>Theobroma subincanum</i>	2.74	2.06	1.29	2.03
11	<i>Tapirira guianensis</i>	1.52	2.06	2.32	1.97
12	<i>Guatteria Guentheri</i>	1.22	1.31	3.36	1.96
13	<i>Virola pavonis</i>	2.13	1.50	1.90	1.84
14	<i>Batocarpus orinocensis</i>	2.43	1.68	0.94	1.69
15	<i>Osteophloeum panurensis</i>	0.91	0.56	3.04	1.50
16	<i>Marila tomentosa</i>	1.82	1.31	1.32	1.49
17	<i>Psychotria levis</i>	1.52	2.06	0.78	1.45

18	<i>Vochysia biloba</i>	1.22	0.93	2.16	1.44
19	<i>Symphonia globulifera</i>	1.52	1.50	0.73	1.25
20	<i>Tetragastris panamensis</i>	1.22	1.12	1.27	1.20
21	<i>Pterocarpus rohrii</i>	1.22	1.12	1.26	1.20
22	<i>Protium tenuifolium</i>	1.52	1.31	0.60	1.14
23	<i>Pouteria cuspidata</i>	1.52	1.12	0.76	1.13
24	<i>Macrolobium gracile</i>	0.91	1.12	1.02	1.02
25	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	0.91	0.56	1.53	1.00
26	<i>Eschweilera coriacea</i>	1.52	0.93	0.45	0.97
27	<i>Neea divaricata</i>	1.52	0.93	0.29	0.92
28	<i>Apeiba aspera</i>	0.91	0.56	1.27	0.91
29	<i>Cecropia engleriana</i>	0.91	1.12	0.57	0.87
30	<i>Croton tessmannii</i>	1.22	0.75	0.48	0.82
31	<i>Sterculia apeibophylla</i>	0.61	0.56	1.28	0.81
32	<i>Pourouma bicolor</i>	0.91	0.56	0.96	0.81
33	<i>Pseudolmedia macrophylla</i>	0.91	0.75	0.70	0.79
34	<i>Jacaranda copaia</i>	0.91	0.56	0.88	0.78
35	<i>Calycophyllum megistocaulum</i>	0.91	0.93	0.37	0.74
36	<i>Clarisia biflora</i>	0.91	0.75	0.41	0.69
37	<i>Warszewiczia indet</i>	0.30	0.19	1.53	0.68

38	<i>Otoba glycyarpa</i>	0.61	0.37	0.99	0.66
39	<i>Protium Sagotianum</i>	0.91	0.56	0.50	0.66
40	<i>Alchornea glandulosa</i>	0.61	0.56	0.76	0.64
41	<i>Laetia procera</i>	0.91	0.56	0.45	0.64
42	<i>Inga alba</i>	0.91	0.56	0.44	0.64
43	<i>Perebea guianensis</i>	0.91	0.56	0.39	0.62
44	<i>Ficus maxima</i>	0.91	0.56	0.35	0.61
45	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	0.91	0.56	0.24	0.57
46	<i>Jacaratia digitata</i>	0.30	0.19	1.22	0.57
47	<i>Talisia carinata</i>	0.91	0.56	0.23	0.57
48	<i>Virola decorticans</i>	0.91	0.56	0.19	0.56
49	<i>Minquartia guianensis</i>	0.30	0.19	1.16	0.55
50	<i>Nectandra reflexa</i>	0.91	0.56	0.13	0.53
51	<i>Casearia ulmifolia</i>	0.61	0.56	0.41	0.53
52	<i>Vatairea erythrocarpa</i>	0.61	0.37	0.53	0.50
53	<i>Helicostylis tomentosa</i>	0.61	0.37	0.49	0.49
54	<i>Neea macrophylla</i>	0.30	0.19	0.79	0.43
55	<i>Naucleopsis Krukovii</i>	0.61	0.37	0.27	0.42
56	<i>Leonia glycyarpa</i>	0.61	0.37	0.25	0.41
57	<i>Tapirira obtusa</i>	0.61	0.37	0.21	0.40
58	<i>Vismia amazonica</i>	0.61	0.37	0.20	0.39
59	<i>Beilschmiedia tovarensis</i>	0.30	0.37	0.50	0.39
60	<i>Clarisia racemosa</i>	0.30	0.19	0.65	0.38

61	<i>Maquira guianensis</i>	0.61	0.37	0.12	0.37
62	<i>Coussapoa orthoneura</i>	0.30	0.19	0.58	0.36
63	<i>Siparuna bifida</i>	0.61	0.37	0.09	0.36
64	<i>Sloanea fragrans</i>	0.61	0.37	0.08	0.36
65	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	0.30	0.19	0.48	0.32
66	<i>Chaunochitom kappleri</i>	0.30	0.37	0.29	0.32
67	<i>Cordia hebeclada</i>	0.30	0.19	0.47	0.32
68	<i>Platymiscium pinnatum</i>	0.30	0.37	0.24	0.31
69	<i>Apeiba membranacea</i>	0.30	0.19	0.41	0.30
70	<i>Ampelocera edentula</i>	0.30	0.19	0.40	0.30
71	<i>Buchenavia macrophylla</i>	0.30	0.37	0.21	0.29
72	<i>Parkia panurensis</i>	0.30	0.19	0.36	0.28
73	<i>Pourouma mollis</i>	0.30	0.19	0.36	0.28
74	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	0.30	0.19	0.33	0.28
75	<i>Micropholis guyanensis</i>	0.30	0.19	0.32	0.27
76	<i>Inga brachyrhachis</i>	0.30	0.19	0.29	0.26
77	<i>Andira surinamensis</i>	0.30	0.19	0.23	0.24
78	<i>Brosimum lactescens</i>	0.30	0.19	0.22	0.24
79	<i>Huberodendrom swietenioides</i>	0.30	0.19	0.22	0.24

80	<i>Jacaratia digitata</i>	0.30	0.19	0.21	0.23
81	<i>Sterigmatopetalum</i> <i>obovatum</i>	0.30	0.19	0.19	0.23
82	<i>Nectandra pulverulenta</i>	0.30	0.19	0.19	0.23
83	<i>Sapium laurifolium</i>	0.30	0.19	0.19	0.23
84	<i>Chimarrhis hookeri</i>	0.30	0.19	0.18	0.22
85	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	0.30	0.19	0.18	0.22
86	<i>Eugenia indet</i>	0.30	0.19	0.17	0.22
87	<i>Henriettea sylvestris</i>	0.30	0.19	0.16	0.22
88	<i>Eugenia egensis</i>	0.30	0.19	0.13	0.21
89	<i>Nectandra indet</i>	0.30	0.19	0.13	0.21
90	<i>Brosimum rubescens</i>	0.30	0.19	0.12	0.21
91	<i>Cordia ucayaliensis</i>	0.30	0.19	0.12	0.20
92	<i>Trattinnickia boliviana</i>	0.30	0.19	0.11	0.20
93	<i>Capparis schunkei</i>	0.30	0.19	0.10	0.20
94	<i>Ormosia amazonica</i>	0.30	0.19	0.10	0.20
95	<i>Rauvolfia leptopylla</i>	0.30	0.19	0.10	0.20
96	<i>Protium amazonicum</i>	0.30	0.19	0.09	0.19
97	<i>Graffenrieda indet</i>	0.30	0.19	0.08	0.19
98	<i>Aniba guianensis</i>	0.30	0.19	0.08	0.19
99	<i>Qualea amoena</i>	0.30	0.19	0.08	0.19
100	<i>Inga venusta</i>	0.30	0.19	0.07	0.19
101	<i>Tetrorchidium</i> <i>macrophyllum</i>	0.30	0.19	0.07	0.19

102	<i>Brosimum utile</i>	0.30	0.19	0.07	0.19
103	<i>Trattinnickia aspera</i>	0.30	0.19	0.06	0.19
104	<i>Parinari Klugii</i>	0.30	0.19	0.06	0.18
105	<i>Alchornea glandulosa</i>	0.30	0.19	0.06	0.18
106	<i>Dendropanax macropodus</i>	0.30	0.19	0.05	0.18
107	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0.30	0.19	0.05	0.18
108	<i>Schefflera morototoni</i>	0.30	0.19	0.05	0.18
109	<i>Senna silvestris</i>	0.30	0.19	0.04	0.18
110	<i>Miconia punctata</i>	0.30	0.19	0.04	0.18
111	<i>Protium grandifolium</i>	0.30	0.19	0.04	0.18
112	<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	0.30	0.19	0.04	0.18
113	<i>Hirtella racemosa</i>	0.30	0.19	0.04	0.18
114	<i>Bullucia pentamera</i>	0.30	0.19	0.04	0.18
115	<i>Capirona decorticans</i>	0.30	0.19	0.03	0.18
116	<i>Mabea piriri</i>	0.30	0.19	0.03	0.17
117	<i>Schizocalyx sterculioides</i>	0.30	0.19	0.03	0.17
118	<i>Tabernaemontana sananha</i>	0.30	0.19	0.03	0.17
119	<i>Tapura peruviana</i>	0.30	0.19	0.03	0.17
120	<i>Ficus casapiensis</i>	0.30	0.19	0.03	0.17

79

121	<i>Miconia indet</i>	0.30	0.19	0.03	0.17
TOTAL		100	100	100	100