



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE  
BOSQUES TROPICALES.**

**TESIS**

**Relación altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los  
árboles de un bosque de colina baja. Maynas, Loreto, Perú - 2015.**

Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales

Autor

**JAVIER ENRIQUE ROCHA MORENO**

Iquitos - Perú

2017



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

### DE TESIS Nº 744

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentado por el Bachiller **JAVIER ENRIQUE ROCHA MORENO**, titulada: **"RELACIÓN ALTURA COMERCIAL - DIÁMETRO Y ABUNDANCIA - CLASE DIAMÉTRICA EN LOS ÁRBOLES DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA. MAYNAS, LORETO, PERÚ - 2015"**; formuladas las observaciones y analizadas las respuestas,

la declaramos:


Con el calificativo de:

En consecuencia queda en condición de ser calificado:

Y, recibir el Título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.


*APROBADO*  
.....  
*BUGUO*  
.....  
*Apto*  
.....

Iquitos, 15 de setiembre 2016

  
**Ing. JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.**  
Presidente

  
**Ing. ANGEL EDUARDO MAURY LAURA, M.Sc.**

Miembro

  
**Ing. JUAN DE LA CRUZ BARDALES MELENDEZ, Dr.**

Miembro

  
**Ing. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA**

Asesor

**Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!**  
Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

[www.unapiquitos.edu.pe](http://www.unapiquitos.edu.pe)

Teléfono: 065-225303

TESIS

“Relación altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los  
árboles de un bosque de colina baja. Maynas, Loreto, Perú - 2015”

(Aprobado el día 15 de setiembre de 2016 según Acta de Sustentación N° 744)

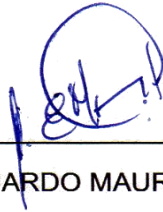
MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR



Ing. JORGE ELIAS ALVÁN RUIZ, Dr.

Registro CIP: 28387

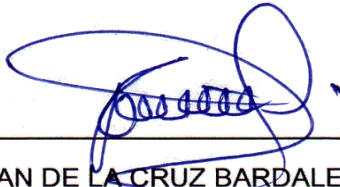
PRESIDENTE



Ing. ÁNGEL EDUARDO MAURY LAURA, M.Sc.

Registro CIP: 44895

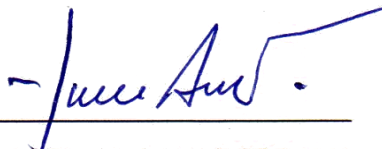
MIEMBRO



Ing. JUAN DE LA CRUZ BARDALES MELÉNDEZ, Dr.

Registro CIP: 45893

MIEMBRO



Ing. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA.

Registro CIP: 65945

ASESOR

## ÍNDICE

	Pág.
Índice .....	i
Lista de cuadros .....	iii
Lista de figuras .....	iv
Resumen .....	v
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. PROBLEMA.....	2
2.1. Descripción del problema.....	2
2.2. Definición del problema.....	3
III. HIPÓTESIS.. .....	4
3.1. Hipótesis general .....	4
3.2. Hipótesis alterna .....	4
3.3. Hipótesis nula .....	4
IV. OBJETIVOS.....	5
4.1. Objetivo general.....	5
4.2. Objetivos específicos.....	5
V. VARIABLES.....	6
5.1. Identificación de variables, indicadores e índices.....	6
5.2. Operacionalización de variables .....	6
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
VII. MARCO CONCEPTUAL.....	16
VIII. MATERIALES Y MÉTODO .....	17
8.1. Lugar de ejecución.....	17

	Pág.
8.2. Materiales y equipo.....	19
8.3. Método.....	19
8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
8.5. Técnica de presentación de resultados.....	22
IX. RESULTADOS .....	23
9.1. Composición florística .....	23
9.2. Relación altura comercial – diámetro y abundancia	
– clase diamétrica.....	26
X. DISCUSIÓN .....	36
10.1. Composición florística .....	36
10.2. Abundancia.....	37
10.3. Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de mayor	
abundancia en el bosque de colina baja .....	37
XI. CONCLUSIONES .....	40
XII. RECOMENDACIONES .....	41
XIII. BIBLIOGRAFÍA. ....	42
ANEXO	

### Lista de cuadros

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Especies comerciales del área de estudio .....	23
2	Abundancia por clase diamétrica .....	25
3	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio .....	27
4	Modelos matemáticos aplicados a la relación abundancia – clase diamétrica de los árboles del bosque en estudio .....	28
5	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” .....	30
6	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “palisangre” .....	31
7	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “mari mari” .....	33
8	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “marupa” .....	34

## Lista de figuras

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Mapa de ubicación del área de estudio .....	50
2	Croquis de la distribución de las parcelas de muestreo .....	51
3	Abundancia por especie comercial del bosque de colina baja ..	24
4	Porcentaje de abundancia de árboles comerciales .....	26
5	Relación diámetro – altura comercial de árboles de un bosque de colina baja .....	27
6	Relación abundancia – clase diamétrica de árboles de un bosque de colina baja .....	29
7	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja .....	30
8	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “palisangre” en un bosque de colina baja .....	32
9	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “mari mari” en un bosque de colina baja .....	33
10	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “marupa” en un bosque de colina baja. ....	35

## RESUMEN

El estudio se ejecutó en la concesión 16-IQU/P–MAD-A-007-09 de la comunidad Nativa Atalaya, distrito Alto Nanay, provincia Maynas, región Loreto. El objetivo fue conocer las relaciones altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica de los árboles de especies comerciales del bosque de colina baja de la cuenca del Nanay.

Para la evaluación se utilizó el diseño de fajas, distribuidos sistemáticamente, utilizando 25 parcelas rectangulares de 100 m de ancho por 2000 m de largo; el distanciamiento entre fajas fue de 100 m.

Los resultados indican que se ha registrado 12 especies comerciales distribuidas en 05 familias botánicas, siendo las representativas, Fabaceae y Myristicaceae; las especies de mayor presencia fueron, *Virola* sp. “cumala” (26%), *Brosimum rubescens* “palisangre” (16%) y *Hymenolobium* sp. “mari mari” (14%). Existe relación entre la altura comercial y el diámetro; así como entre la abundancia de árboles y clase diamétrica, en árboles comerciales del bosque de colina baja de la cuenca del Nanay.

**Palabras claves:** Composición florística, relación, altura, diámetro, abundancia.



## I. INTRODUCCIÓN

El escaso conocimiento sobre la composición florística y dinámica del bosque de la amazonia dificulta ampliamente la orientación para su uso sostenible. Por tal razón se hace necesario desarrollar estudios que contrarreste esta situación teniendo en cuenta la complejidad del bosque tropical en su composición florística y dinámica de las plantas la cual obstaculiza considerablemente todo tipo de gestiones de evaluación y aprovechamiento forestal (Loja, 2010).

Los modelos matemáticos tienen numerosa aplicación en el campo forestal porque presentan mucha flexibilidad en su uso; las variables más usadas son: diámetro a la altura del pecho (dap), diámetro a la altura del tocón (dht), altura comercial (hc), altura total (ht) y combinaciones de ellas (Prado *et al.* 1987; Garcinuño, 1995 y Ganoso *et al.* 2002 citado por Alvarez (2008).

Por tal razón, en este estudio se evaluó la relación entre la variable altura y la variable diámetro; así como también entre la abundancia y las clases diamétricas de los árboles con  $dap > 40$  cm. La obtención de nuevos conocimientos referente al tema planteado en el presente estudio hace posible mejorar la escasa información existente sobre la relación de las variables altura – diámetro y abundancia – clase diamétrica de los árboles de un bosque de terraza baja, para los planes de manejo.

## II. EL PROBLEMA

### 2.1. Descripción del problema

El aprovechamiento selectivo aplicado en nuestra región para las especies de valor comercial, producen impactos negativos sobre la abundancia de la vegetación; así como también la tumba, traslado mecanizado de los árboles y la construcción de infraestructuras reducen el potencial de recuperación del bosque original; así mismo trae como resultado cambios en la composición florística y estructura de los bosques.

INADE (2004), reporta que aún existe escasa información de los recursos naturales de la amazonia peruana, por lo tanto, se debe estudiar a los bosques para que sirva de guía, debido a que la complejidad del bosque tropical en su composición florística dificulta enormemente todo tipo de acciones de evaluación y aprovechamiento forestal.

La medición del diámetro y la altura de las plantas se utilizan para estimar, a través del uso de modelos estadístico estimativas de difícil medición, tales como biomasa y volumen de madera, número de individuos, relación entre variables, entre otros. En diversos estudios sobre silvicultura, ecología del bosque y fisiología de árboles se han utilizado una variedad de instrumentos de medición que a menudo difieren en exactitud, precisión, costo o simplicidad operacional (López *et al.* 2006).

El empleo de los modelos matemáticos para la estimación de la biomasa, el diámetro, altura total, volumen y número de individuos de las especies comerciales, son muy escasos y presentan limitaciones debido a las distintas condiciones que rigen el crecimiento de los árboles entre las cuales se incluyen la

genética, las subpoblaciones locales, el clima y los suelos; estos factores son determinantes en el desarrollo de las plantas de ahí la importancia de la generación y eficiencia de modelos alométricos (Alvarez, 2008).

## **1.2. Definición del problema**

¿Será que existe relación entre la altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de colina baja, Maynas, Loreto, Perú?

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

Existe relación entre la altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de colina baja, Maynas, Loreto, Perú.

#### **3.2. Hipótesis alterna**

Existe relación entre la altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de colina baja, Maynas, Loreto, Perú.

#### **3.3. Hipótesis nula**

No existe relación entre la altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de colina baja, Maynas, Loreto, Perú.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Obtener información de la relación altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de colina baja, Maynas, Loreto, Perú.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Registrar la composición florística de especies comerciales > 40 cm de dap del área de estudio.
- Obtener la altura comercial, diámetro (dap) y abundancia de los árboles de las especies comerciales.
- Determinar mediante el método de regresión si existe o no relación entre la altura comercial – dap y abundancia – clase diamétrica en los árboles de las especies comerciales.
- Calificar por el método de correlación el grado de relación entre ellas.
- Cuantificar la participación de la variable independiente en los cambios de la variable dependiente, mediante el método del coeficiente de determinación.

## V. VARIABLES

### 5.1. Identificación de variables, indicadores e índices

En este estudio se planteó como variable independiente (X) a la altura comercial y abundancia de los árboles registrados > 40 cm de dap de un bosque de colina baja, siendo el indicador la medición de la altura comercial y la composición florística; los índices serán el metro y el número de individuos; como variable dependiente (Y) se considerará al diámetro a la altura del pecho (dap) y las clases diamétricas de los árboles registrados; el indicador será la medición del dap y la abundancia x clase diamétrica; el índice será, centímetro y número de individuos x clase.

### 5.2. Operacionalización de las variables

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>
<b>Independiente (X)</b>		
Altura comercial de los Árboles >40 cm de dap del bosque de colina baja.	Medición de altura comercial	metros
Abundancia de los Árboles >40 cm de dap del bosque de colina baja.	Composición florística	Número de individuos
<b>Dependiente (Y)</b>		
Dap. de los Árboles >40 cm de dap del bosque de colina baja.	Medición del Dap	Centímetros
Clases diamétrica	Abundancia x clase	Número de individuos x clase.

## VI. REVISIÓN DE LITERATURA

### 6.1. Antecedentes

En un inventario forestal con fines de valorización en la carretera Iquitos-Nauta, Pérez (2001), encontró la presencia de 191 árboles, donde la mayor cantidad de individuos se encuentran presentes en las clases diamétricas inferiores y las proyecciones de las curvas de distribución de individuos por clase diamétrica muestran una curva de tipo exponencial, el mismo que resulta ser típica de los bosques amazónicos.

Para un estudio sobre la estructura diamétrica total y por especie en tres tipos de bosque en Iquitos Burga (1993), reporta que la estructura diamétrica total del bosque de terraza, varillal y aluvial, muestran que más del 90% de los individuos se concentran en la clase diamétrica para DAP inferior a 10 cm; además, hace referencia que la distribución diamétrica total y por especie de árboles, se ajustó a un modelo de distribución de tipo exponencial, es decir mayor concentración de árboles en las clases diamétricas inferiores.

Ojeda (1974), reporta resultados de un inventario realizado en Von Humboldt, en el cual el ajuste de las curvas es muy bajo en la prueba de "t", es decir hay diferencia significativa, en la prueba de "X<sup>2</sup>" chi-cuadrado da una diferencia de altamente significativa, en la prueba de correlación "r" es relativamente bajo y la distribución diamétrica no es la misma en todas las masas.

En bosques con alta diversidad de especies, los diferentes modelos pueden ser simplificados por agrupamiento de especies estableciendo criterios adecuados, aunque esta simplificación reduce el contenido de información, revela los patrones generales y facilita las predicciones acerca del desarrollo del bosque

(Swaine y Whitmore, 1988). Por ejemplo, con los modelos ZELIG, FACET se han establecido grupos funcionales de acuerdo a los requerimientos de claro (dependencia de la luz) y capacidad de creación de claros (altura máxima) de las especies (Acevedo, 1980).

Fontes (1999), estudió la existencia de patrones alométricos en cinco especies arbóreas pioneras tropicales, encontrando dos patrones distintos: uno relacionado con un mayor crecimiento de la altura, asegurando un espacio en el dosel, y el otro más ligado al crecimiento del diámetro y de la copa, ocupando mayor espacio horizontal. Sobre este particular, Alves y Santos (2002), encontraron que no es posible predecir las relaciones alométricas sólo por el tamaño de los árboles adultos y su posición en el dosel, dicha variación pudiera estar relacionada con cambios del tamaño dependientes de respuestas diferentes a la disponibilidad de luz y rasgos demográficos. Una característica interesante de las poblaciones de plantas es que los intervalos individuales de tamaño son muy amplios como resultado de la competencia asimétrica por la luz o por la distribución poco uniforme de otros recursos (Weiner *et al.* 2001).

Una aplicación importante es la estimación de la altura del árbol a partir de su diámetro medido a la altura de pecho (DAP), a una altura estándar de 1,37m. El DAP explica mucha de las variaciones en altura (Zeide y Vanderschaaf, 2002), y como resultado, la relación alométrica DAP-altura ha sido utilizada como uno de los factores en el estudio de la dinámica de crecimiento del bosque. Esta relación ha sido también empleada para demostrar que el diámetro se incrementa a una tasa más rápida que la altura durante el crecimiento, como lo predicho por los modelos biomecánicos (Henry y Aarssen, 1999).



Se obtuvieron relaciones alométricas diámetro-altura para 34 especies de árboles de la Reserva Forestal Imataca con alto valor de importancia, para ser incorporadas al modelo de base individual FACET para simular el establecimiento, crecimiento y mortalidad de árboles en la Reserva. Las alometrías varían para los distintos grupos funcionales, revelando relaciones alométricas asociadas a las características de tolerancia a luz y altura máxima de las especies. Este resultado permitió generar prototipos por grupo ecológico que pueden ser usados para revelar patrones generales de crecimiento y facilitar las predicciones acerca del desarrollo del bosque (Delgado *et al.* 2005).

Villacorta (2012), indica que la ecuación matemática exponencial fue la que se ajustó a los tres tipos de bosque del área de estudio con sus estadígrafos del coeficiente de correlación ( $r$ ) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Asimismo, manifiesta que el bosque húmedo de terraza alta es el que presenta el más alto coeficiente de determinación (0,89) y el menor exhibe el bosque húmedo de colina baja (0,85).

El mismo autor manifiesta que los modelos matemáticos exponencial, cuadrático y cúbico se ajustaron a la estructura diamétrica por especie para los tres tipos de bosque. Asimismo, revela que en el bosque húmedo de terraza baja, las especies *Iryanthera grandis* “cumala colorada” (1,00) y *Ruptiliocarpon caracolito* “topa caspi” (1,00) son las que presentan el más alto grado de asociación; mientras que para el bosque húmedo de terraza alta están representados por las especies *Brosimum lactescens* “chimicua” y *Virola peruviana* “cumala blanca” con 0,99; asimismo las especies *Couepia bracteosa* “parinari” con 0,96 y *Eschweilera coriacea* “machimango blanco” con 0,97 son las

que reportan el más alto coeficiente de determinación para el bosque húmedo de colina baja.

Asimismo, la especie *Parkia igneiflora* "pashaco" con  $r = 0,165$  es la especie del bosque húmedo de colina baja que presenta el coeficiente de correlación menor de todo el grupo, pero 4 especies (40%) tienen un grado de asociación superior a 0,80. Así mismo, las especies *Parkia igneiflora* "pashaco" ( $r = 0,695$ ) y *Tachigali tessmannii* "tangarana" (0,684) del bosque húmedo de terraza baja son las que tienen el menor coeficiente de correlación, pero 5 especies que hacen el 50% del total de este bosque presentan un coeficiente de correlación mayor a 0,82. Por su parte en el bosque húmedo de terraza alta la especie *Parkia igneiflora* "pashaco" en la que alcanza el más bajo coeficiente de correlación con  $r = 0,710$ , sin embargo 5 especies muestran un coeficiente de determinación superior a 0,82.

## **6.2. Marco teórico**

### **Bosque**

Un bosque no es simplemente una cantidad de madera si no una asociación de plantas vivas que puede y debe tratarse como una riqueza renovable (Loja, 2010). Los bosques primarios son bosques vírgenes o formaciones vegetales poco alteradas por disturbios naturales o antropogénicos; de acuerdo a la variedad ambiental existe una amplia gama de tipos de bosque con diferente estructura y vegetación; en zonas tropicales la riqueza en especies es alta y, el mismo tipo de bosque puede tener cientos de especies arbóreas (Budowski, 1985).

En general, los bosques jóvenes tienen una estructura más simple y son mucho más pobres en especies que los bosques primarios del mismo medio ambiente; tanto la composición y la estructura de un bosque secundario cambian con el paso del tiempo (Finegan, 1992). La composición florística en la amazonia está relacionada a la inundación estacional o temporal, la gradiente de humedad, el tipo de aguas relacionados a los distintos biotopos y régimen de precipitación y, también con los aspectos sociológicos de la zona. (<http://www.siamazonia.org.pe/Archivos/Publicaciones/SPT-TCA-PER-31.pdf>).

Desde el punto de vista florístico la cualidad más relevante de los bosques de la amazonia peruana, es su alta riqueza de especies, tienen una composición florística muy compleja o altamente heterogénea, que se ha estimado en más de 2500 especies diferentes (Baluarte, 2000). Del mismo modo la topografía del suelo es una gradiente importante que influye en la estructura y composición de las especies (Nebel, *et al.* 2000).

Para Hawley y Smith (1972), en las masas irregulares al envejecer en cada uno de los pequeños grupos uniformes disminuye el número de árboles, al principio rápidamente y luego más despacio, puede llegar el momento en que, de un grupo inicial de un centenar de individuos, no sobrevivirá más que uno. Bruce y Schumacher (1965), citado por Burga (1993), señala que si un bosque no es absolutamente de la misma edad, en su fase de plantitas hay miles de aquellos por ha, a medida que los arbolitos van aumentando de tamaño compiten unas con otras cada vez con mayor intensidad para conseguir luz y humedad hasta que llega el momento en que los individuos más débiles mueren suprimidos por sus vecinos más robustos.

De la lucha continúa durante toda la vida el resultado es que el número de árboles por ha disminuye muchísimo hasta que en la madurez queda a menudo menos del 1% de los árboles que había al comienzo. FAO (1974), explica que una floresta irregular equilibrada tendría tantos árboles en cada clase de diámetro como una floresta regular equilibrada, compuesto por rodales uniformes, cubriendo un área igual y que contuviera las mismas clases de edad.

### **Inventario forestal**

El término “inventario forestal” ha sido utilizado en el pasado como sinónimo de “procedimiento para la estimación de recursos leñosos (principalmente maderables comerciales) contenidos en un bosque” (Orozco y Brumér, 2002).

El inventario forestal no solo es un registro cualitativo y cuantitativo de las características de los árboles, sino que se amplía a todos los elementos que conforman el bosque, según el cual está compuesto por el capital vuelo, suelo y demás elementos o individuos que se desarrollan y viven en la masa forestal (Malleux, 1982).

El inventario es un instrumento de planificación, pues ofrece datos estadísticos seguros en lo referente a la cuantificación y distribución de los individuos vegetales, como también la caracterización de la población vegetal y la evaluación de la diversidad biológica Robles (1978); Péllico Neto y Brena (1997) y Prodan (1997), citado por Moscovich *et al.* (2003).

Para Orozco y Brumér (2002), es un procedimiento útil para obtener información necesaria para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento forestal. Mientras que para Israel (2004) citado por Loja (2010),

consiste en extraer información, es decir es para saber cómo aprovecharlo, es como una radiografía del bosque, un resumen de su situación en un tiempo dado.

### **Composición florística**

Los bosques tropicales presentan una composición fuertemente mixta, con una gran cantidad de especies por unidad de superficie, varía de un lugar a otro del bosque, lo cual está ligado a las diferencias del patrón o tipo de distribución de las especies arbóreas individuales, relacionadas a su vez a las condiciones del medio (principalmente el suelo) y a las características inherentes a las especies (Gómez, 1972). Heinsdijk y Miranda (1963), señalan que el bosque tropical es una mezcla de pequeños y grandes árboles con una gran variedad de diámetros (DAP) semejante a los que se observan en países templados de desigual edad, donde todavía la variación del diámetro es menor. Hawley y Smith (1980), consideran que el crecimiento en diámetro de los árboles es más variable que la altura.

### **Relación de las variables**

Los modelos matemáticos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema. Una ventaja obvia es que describe un problema en forma mucho más concisa. Esto tiende a hacer que toda la estructura del problema sea más comprensible y ayude a revelar las relaciones importantes entre causa y efecto. De esta manera, indica con más claridad que datos adicionales son importantes para el análisis. También facilita simultáneamente el manejo del problema en su totalidad y el estudio de todas sus interrelaciones. [http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia\\_IO.htm](http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia_IO.htm). Los modelos pueden ser evaluados por el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$  ajustado) y el error cuadrático medio de predicción (ECMP). El coeficiente de

determinación se interpreta como la proporción de la variabilidad total en Y explicable por la variación de la variable independiente o la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo (Di Rienzo *et al.* 2001). Por otro lado, la alometría es una herramienta que permite relacionar características físicas o fisiológicas de las especies forestales para predecir su comportamiento en el futuro (King 1990, 1996 y Leite, 1999).

Según Davis y Johnson (1987) y, Ramírez y Zepeda (1994), manifiestan que las variables dasométricas como la altura, el diámetro normal o el volumen, como una función de la edad del árbol, es una relación que sigue un patrón que puede ser representada por una curva logística, que a su vez es descrita por una ecuación. La validación del modelo es el proceso de contrastar las predicciones propuestas por el modelo con los datos experimentales. Es evidente que si existen grandes diferencias entre estos valores debemos de rechazar el modelo propuesto (Segura *et al.* 2008).

La alometría es una herramienta que permite relacionar características físicas o biológicas de las especies forestales para predecir su comportamiento en el futuro. Esta técnica permite obtener parámetros de interés para investigadores y planificadores de sistemas de aprovechamiento intensivo de los recursos naturales (King, 1996 citado por López *et al.* 2003).

### **Diámetro de árboles**

Hainsdijk y Miranda (1963), citado por Burga (1993), señala que la floresta tropical es mixtura de pequeños y grandes árboles con una gran variedad de diámetros, semejante a los que se observan en países templados de desigual edad, donde todavía la variación de amplitud de diámetro es menor. Bruce y

Schumacher (1965) citado por Burga (1993), usan el DAP en el sistema métrico decimal, el DAP es 1,3 m de altura desde el suelo, sugieren tomar por lo menos dos mediciones, preferiblemente en puntos diametralmente opuestos que se promedian. Loetsch (1973), propone que el DAP es un parámetro esencialmente variable y tiene la ventaja de ser el parámetro más fácil de medir. También manifiesta que el incremento en diámetro a diferentes alturas del tronco no es igual y que el área basal es el componente de mayor influencia sobre el volumen. Husch (1963) y Harrison (1951), citado por Burga (1993), menciona que los diámetros y áreas basales pueden estar más cercamente relacionados a la densidad que a la edad; la altura puede estar más relacionada con la calidad de sitio que a su edad, asimismo expresan que la medición del diámetro es una de las medidas forestales más importantes para la organización de planes de ordenación y administración. Su uso en la biología vegetal ha consistido primariamente en el desarrollo de relaciones correlativas entre variables vinculadas al tamaño para aplicaciones en la agricultura, funcionamiento de ecosistemas y manejo de bosques (Niklas y Enquist, 2002).

Una aplicación importante es la estimación de la altura del árbol a partir de su diámetro medido a la altura de pecho (DAP), a una altura estándar de 1,37m; el DAP explica mucha de las variaciones en altura (Zeide y Vanderschaaf, 2002), y como resultado, la relación alométrica DAP-altura ha sido utilizada como uno de los factores en el estudio de la dinámica de crecimiento del bosque. Esta relación ha sido también empleada para demostrar que el diámetro se incrementa a una tasa más rápida que la altura durante el crecimiento, como lo predicho por los modelos biomecánicos (Henry y Aarssen, 1999).

## VII. MARCO CONCEPTUAL

**Árboles:** Son plantas leñosas perennes que tienen un fuste y una copa bien diferenciada (Lindorf *et al.* 1991).

**Bosques:** Es toda área cubierta de árboles sean o no reproductivos. En su condición natural o en plantaciones (Malleux, 1982).

**Modelo.** Es la representación abstracta de algún aspecto de la realidad (Regalado *et al.* 2005).

**Modelo alométrico.** Son ecuaciones matemáticas que permiten realizar estimaciones en función de unas pocas variables de fácil medición, tales como el diámetro a la altura del pecho (dap) y/o la altura total Loetsch *et al.* 1973; Cailleux, 1980; Husch *et al.* 1982 y Parresol, 1990, citado por Segura y Andrade (2008).

**Muestreo:** Se conceptualiza como elegir y obtener muestras representativas de las características de los integrantes de una población. También se define como la herramienta de la investigación científica (Seck, 2005, citado por Macedo, 2012).

**Inventario forestal:** Se define como el conjunto de procedimientos destinado a proveer información cualitativa y cuantitativa de un bosque (Wabo, 2003).



## VIII. MATERIALES Y MÉTODO

### 8.1. Lugar de ejecución

El área de estudio se encuentra ubicada en los terrenos de la comunidad nativa Atalaya, concesión 16-IQU/P-MAD-A-007-09, las coordenadas geográficas UTM (Zona 18 WGS 84) se presenta a continuación:

Punto	Este (E)	Norte (N)
V1	640115	9601943
V2	640115	9604443
V3	642115	9604443
V4	642115	9601943

(Ver Figura 1- anexo).

### Descripción y características del área de estudio

El área de estudio se encuentra en un bosque de colina baja ubicada sobre terrenos suavemente ondulados, con pendientes que oscilan entre 5 y 30%. La vegetación que presenta este bosque es muy heterogénea que aumenta de vigor en las laderas de las colinas, y que van disminuyendo en las cumbres (Lozano, 1996). En las partes altas del relieve, los estratos medio y bajo se presentan en forma abierta o menos densos, contrariamente a las partes bajas y anegadas donde se presentan en mayor densidad asociados con lianas y epifitas; este tipo de bosque presenta las mejores condiciones para el aprovechamiento forestal, porque permite una acción de trabajo fácil y presentan un buen sistema hidrográfico (quebradas y afluentes de buena proporción de agua para el transporte de la madera en trozas por flotación) y de bajo costo. Malleux (1975), menciona que este tipo de bosque tiene un coeficiente de variación promedio de

38%, lo que indica una elevada dispersión volumétrica por unidad de área; así mismo, el volumen promedio por hectárea para árboles mayores de 25 cm de DAP es de aproximadamente 140 m<sup>3</sup> (volumen en troza).

### **Ubicación Política**

La comunidad nativa Atalaya políticamente se encuentra en el distrito Alto Nanay, provincia de Maynas, región Loreto.

### **Accesibilidad**

El área de estudio es accesible desde la ciudad partiendo desde la ciudad de Iquitos desde el puerto de Morona cocha en aproximadamente 7 horas de viaje utilizando un fuera de borda 100 hp por vía fluvial a través del río Nanay aguas arriba, luego entrando por la boca del río Chambira, hasta llegar a la comunidad nativa de Atalaya, posteriormente por trocha por un espacio aproximado de 35 minutos se llega a la PCA N° 02.

### **Clima**

CONAM (2005), indica que la temperatura promedio es de 26,95 °C, con un rango entre 20,96°C y 32,33°C variación de más o menos 9,2 °C entre la máxima y mínima diaria; el mes más caliente es noviembre con una media de 27,33 °C; la precipitación alcanza los 2 827 mm/año, la época lluviosa comprende los meses de diciembre a mayo, el mes de mayor precipitación pluvial es el mes de abril con 326 mm y el menor es julio con 169 mm; la humedad relativa promedio mensual fluctúa entre 81,94 % (octubre) y 89,72% (mayo).

## **8.2. Materiales y equipos**

Libreta de campo, lápices, marcador indeleble rojo, machete, jalones, huincha de 50 m, forcípulas, GPS, brújula, clinómetro, calculadora de bolsillo, computadora y accesorios, material de escritorio en general.

## **8.3. Método**

### **8.3.1. Tipo y nivel de investigación**

La presente investigación fue del tipo descriptivo y de nivel básico.

### **8.3.2. Población y muestra**

Para la evaluación se tuvo en cuenta como población a todos los árboles del bosque de colina baja de la zona de estudio y, como muestra se consideró a las especies comerciales > 40 cm de dap.

### **8.3.3. Análisis estadístico**

Para la evaluación estadística de los datos registrados en el inventario forestal se utilizó la estadística básica y el método de regresión, correlación y coeficiente de determinación, para definir la relación entre las variables en estudio (Beiguelman, 1994).

### **8.3.4. Procedimiento**

#### **Inventario forestal**

Para el inventario forestal se utilizó el diseño de fajas, las cuales inicialmente fueron distribuidas sistemáticamente en un área de 500 ha con distanciamiento de 100 m entre ellas, las parcelas de muestreo (fajas) fueron rectangulares de 100 m de ancho por 2000 m de largo, en total fueron 25 fajas.

Para el registro de datos del inventario forestal se consideró a los árboles comerciales > 40 cm de DAP en cada unidad de muestreo, para lo cual se utilizó el Formato que se presenta a continuación:

Muestra	N° ARBOL	ESPECIE	DAP (cm)	Hc (m)	OBSERVACIÓN
1	1				

Descripción del formato de campo:

Brigada o grupo.- Nombre de los componentes del grupo de trabajo.

Azimut.- Dirección de la trocha, según la posición donde se inició el trabajo en cada unidad de muestreo.

Código de la Unidad de muestreo.- Se utilizará los números del 1 al 25 de acuerdo a la unidad de muestreo (ver figura 2 del anexo).

Nombre de la especie.- Inicialmente se identificó a los árboles por el nombre común y/o taxonómica, posteriormente se efectuó la verificación en el herbario de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Medición del diámetro.- El diámetro de los árboles se midió a la altura del pecho (dap) aproximadamente a 1,30 m de altura del nivel del suelo, para clasificar a los árboles > 40 cm se utilizó como material a la forcípula de metal, graduada con aproximación al centímetro, colocada siempre en dirección opuesta a la pendiente.

Medición de la Altura Comercial.- La altura comercial de los árboles comprendió desde el nivel del suelo (sin aleta) o al final de la aleta cuando existió y, el punto de ramificación del tronco principal o la presencia de algún defecto en el fuste,

esta medición se efectuó con aproximación al metro. A cada 100 m se realizó la verificación utilizando el clinómetro suunto.

### **Relación altura comercial con el diámetro de los árboles.**

Se tomó en cuenta el registro de la composición florística, abundancia, altura comercial y diámetro a la altura del pecho (dap) de cada uno de los árboles; así como también a nivel de especies comerciales; se efectuó la comparación Altura comercial Vs. Dap; el análisis individual por especie comerciales fue para los 4 de mayor abundancia y, a nivel general para el tipo de bosque evaluado se efectuó además la relación Abundancia de individuos Vs. Clase diamétrica. Se aplicó los modelos alométricos lineal y curvilíneos para definir la existencia o no de la relación entre las dos variables; la correlación se aplicó para determinar el grado de relación entre las dos variables y, el coeficiente de determinación fue para demostrar cuanto es la participación de la variable independiente en las variaciones de la variable dependiente. Los cálculos se realizaron utilizando el software IBM SPSS Statistics 23. Para determinar el grado de asociación entre las dos variables se utilizó la siguiente tabla:

	Valor de "r"	Grado de Asociación
	(+ ó -)	
	1,00	Perfecta
< 1	a ≥ 0,75	Excelente
< 0,75	a ≥ 0,50	Buena
< 0,50	a > 0,00	Regular
	0,00	Nula

Los modelos alométricos considerados para el presente estudio fueron:

Nº	MODELOS ALOMÉTRICOS	ECUACIONES
1	LINEAL	$Y = b_0 + (b_1 \times t)$
2	LOGARITMICA	$Y = b_0 + (b_1 \times \ln(t))$

3	INVERSA	$Y = b_0 + (b_1 / t)$
4	CUADRÁTICA	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2)$
5	CÚBICA	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$
6	COMPUESTA	$Y = b_0 \times (b_1^t)$
7	POTENCIAL	$Y = b_0 \times (t^{b_1})$
8	S-CURVA	$Y = e^{(b_0 (b_1^t))}$
9	CRECIMIENTO	$Y = e^{(b_0 (b_1 \times t))}$
10	EXPONENCIAL	$Y = b_0 (e^{(b_1 \times t)})$
11	LOGÍSTICA	$Y = 1 / (1/u + b_0 (b_1^t))$

Donde:

$b_0$  = Constante (Parámetros a estimarse)

$b_1$  = Constante (Parámetros a estimarse)

$b_2$  = Constante (Parámetros a estimarse)

$b_3$  = Constante (Parámetros a estimarse)

$\ln$  = logaritmo (Parámetros a estimarse)

#### 8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el registro de los datos del diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles comerciales > 40 cm de DAP fueron medidos con el calibrador forestal (forcípula). La altura comercial ( $h_c$ ) se estimó visualmente o utilizando clinómetro suunto. La identificación de las especies se realizó con la ayuda de un matero con experiencia quien proporcionó el nombre común de las especies forestales comerciales, posteriormente fueron verificados en el herbario amazonense; los datos obtenidos se procesaron utilizando el software IBM SPSS Statistics 23 y el software Excel.

#### 9.5. Técnica de presentación de resultados

La presentación de los resultados finales se realizó a través de cuadros y figuras, con las respectivas descripciones y análisis de los mismos.

## XI. RESULTADOS

### 9.1. Composición florística.

La composición florística de especies comerciales > 40 cm de dap registradas en el área evaluada se presenta en el cuadro 1, donde se observa el nombre común, nombre científico y familia botánica de cada una de ellas (Spichiger *et al.* 1989 y 1990).

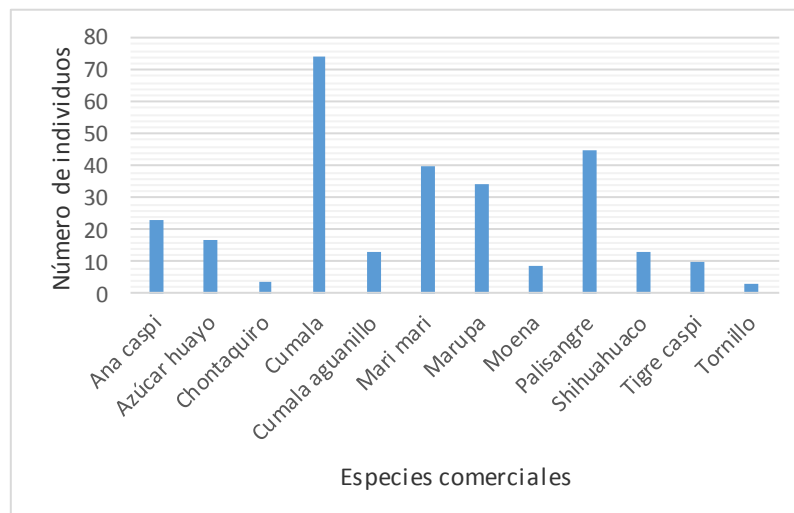
**Cuadro 1:** Especies comerciales registradas en la evaluación.

N°	Nombre Común	Nombre Científico	Familia Botánica
1	“ana caspi”	<i>Apuleia mollaria</i>	Fabaceae
2	“azúcar huayo”	<i>Hymenaea sp.</i>	Fabaceae
3	“chontaquiroy”	<i>Diploptropis sp.</i>	Fabaceae
4	“cumala”	<i>Virola sp.</i>	Myristicaceae
5	“cumala aguanillo”	<i>Virola albidiflora</i>	Myristicaceae
6	“mari mari”	<i>Hymenolobium sp</i>	Fabaceae
7	“marupa”	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae
8	“moena”	<i>Aniba sp.</i>	Lauraceae
9	“palisangre”	<i>Brosimum rubescens</i>	Moraceae
10	“shihuahuaco”	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
11	“tigre caspi”	<i>Zygia inequalis</i>	Fabaceae
12	“tornillo”	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Fabaceae

La composición florística del bosque en estudio estuvo conformada por doce especies comerciales con diámetros mayores de cuarenta centímetros de dap, estas especies se encuentran distribuidas en cinco familias botánicas, de las cuales la familia fabaceae es la que destaca con siete especies comerciales, seguida de la familia Myristicaceae con dos especies y, tres familias botánicas presentaron una especie cada una.

### Abundancia

La abundancia de cada una de las especies comerciales que se registraron en el censo forestal del área de estudio se muestra en figura 3.



**Figura 3.** Abundancia por especie comercial del bosque de colina baja.

Se observa en la figura 3 que dos especies comerciales (“cumala” y “palisangre”) con DAP > 40 cm son las que presentaron la mayor cantidad de individuos en el bosque evaluado con 26% (74 individuos) y 16% (45 individuos) del total de individuos registrados en el censo forestal.

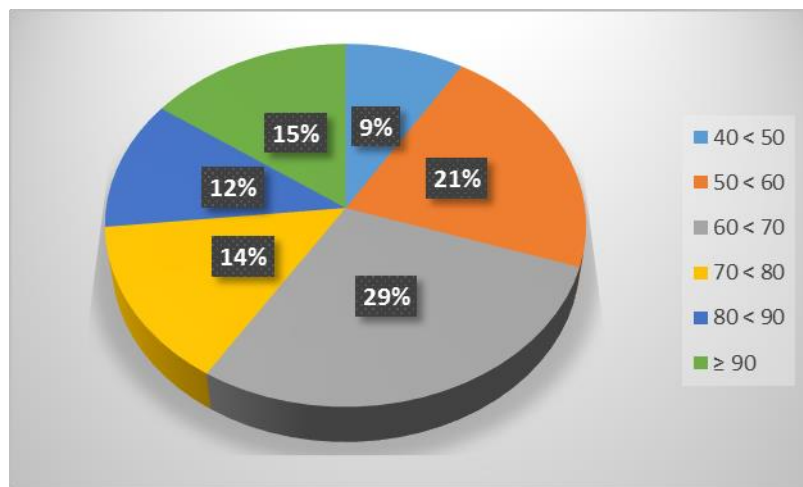
En el cuadro 2 se muestra la distribución de la abundancia por clase diamétrica para cada una de la especie registrada en esta evaluación.



**Cuadro 2:** Abundancia por especie y, por clase diamétrica del bosque de colina baja.

Orden	Especie	Clases diamétricas						Total
		40 < 50	50 < 60	60 < 70	70 < 80	80 < 90	≥ 90	
1	Ana caspi	0	0	7	5	4	7	23
2	Azúcar huayo	0	4	9	1	2	1	17
3	Chontaquiro	0	1	2	1			4
4	Cumala	17	28	24	1	2	2	74
5	Cumala aguanillo	0	10	1	1	0	1	13
6	Mari mari	1	4	10	8	9	8	40
7	Marupa	3	8	13	5	3	2	34
8	Moena	3	0	4	2			9
9	Palisangre	0	4	3	10	11	17	45
10	Shihuahuaco	1	2	1	6	0	3	13
11	Tigre caspi	0	0	7	1	2		10
12	Tornillo	0	0	1	0	0	2	3
<b>Total:</b>		<b>25</b>	<b>61</b>	<b>82</b>	<b>41</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>285</b>

En el cuadro 2 se indica la cantidad de 275 individuos en total de árboles registrados en el área inventariada, distribuidos en clases diamétricas a partir de cuarenta centímetros de diámetro a la altura del pecho (dap), se utilizaron las siguientes clases diamétricas: I (40<50) 25 individuos; II (50<60) 61 individuos; III (60<70) 82 individuos; IV (70<80) 41 individuos; V (80<90) 33 individuos; VI (>90) 43 individuos. Para tener una mejor apreciación se presenta la figura 4.



**Figura 4:** Distribución en porcentaje de los individuos por clase diamétrica.

## 9.2. Relación altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica de los árboles comerciales del bosque de colina baja.

### Relación altura comercial - diámetro de los árboles comerciales del bosque de colina baja.

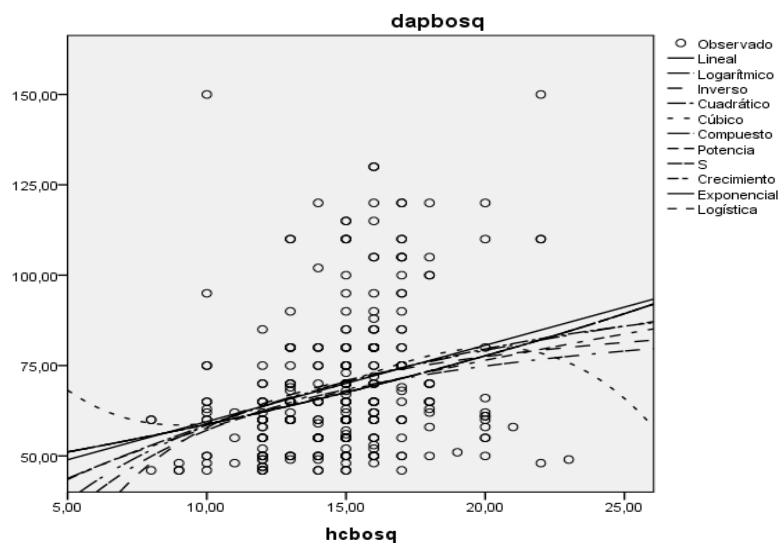
De los modelos matemáticos aplicados a la asociación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles de las especies de mayor abundancia registrados en el bosque de colina baja, los resultados indican que las ecuaciones que más se ajustan a ésta relación es la del modelo **potencia** donde se observa

el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,288$  y el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,083$  que se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Modelos matemáticos aplicados a la relación altura comercial - diámetro de los árboles del bosque en estudio.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,276	0,076
Logarítmica	0,276	0,076
Inversa	0,268	0,072
Cuadrático	0,277	0,077
Cúbico	0,285	0,081
Compuesto	0,283	0,080
Potencia	0,288	0,083
S	0,286	0,082
Crecimiento	0,283	0,080
Exponencial	0,283	0,080
Logística	0,283	0,080

Así como también, se presenta en la figura 5 la tendencia cuadrática de la relación diámetro y altura comercial en el bosque de colina baja de la cuenca del Yavarí.



**Figura 5.** Relación altura comercial - diámetro de árboles de un bosque de colina baja.

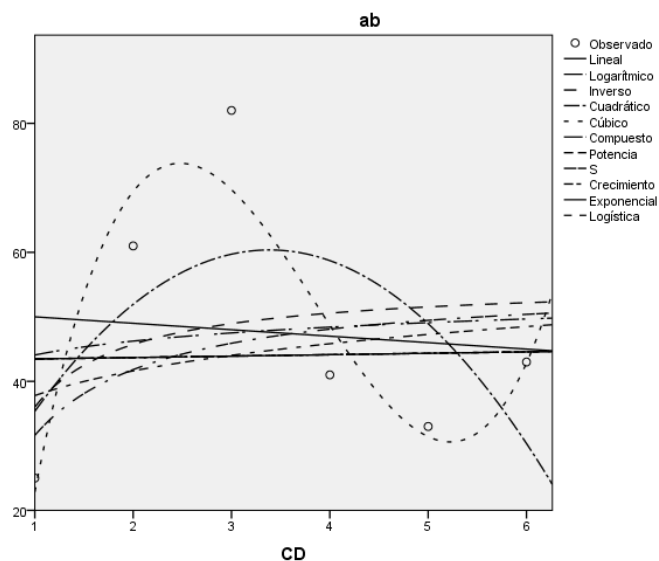
**Relación abundancia – clase diamétrica de los árboles comerciales del bosque de colina baja.**

De los modelos matemáticos aplicados a la relación abundancia y clase diamétrica de los árboles de las especies comerciales registradas en el bosque de colina baja, los resultados indican que las ecuaciones que más se ajustan a ésta relación es la del modelo **cúbico** donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,931$  y el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,866$  que se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Modelos matemáticos aplicados a la relación abundancia – clase diamétrica de los árboles del bosque en estudio.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,089	,008
Logarítmica	0,100	,010
Inversa	0,293	,086
Cuadrático	0,586	,343
<b>Cúbico</b>	<b>0,931</b>	<b>,866</b>
Compuesto	0,000	,000
Potencia	0,217	,047
S	0,412	,170
Crecimiento	0,000	,000
Exponencial	0,000	,000
Logística	0,000	,000

Así como también, se presenta en la figura 6 la tendencia cúbica de la relación abundancia – clase diamétrica en el bosque de colina baja.



**Figura 6.** Relación abundancia – clase diamétrica en el bosque de colina baja.

### Relación altura comercial - diámetro de los árboles de las 4 especies de mayor abundancia.

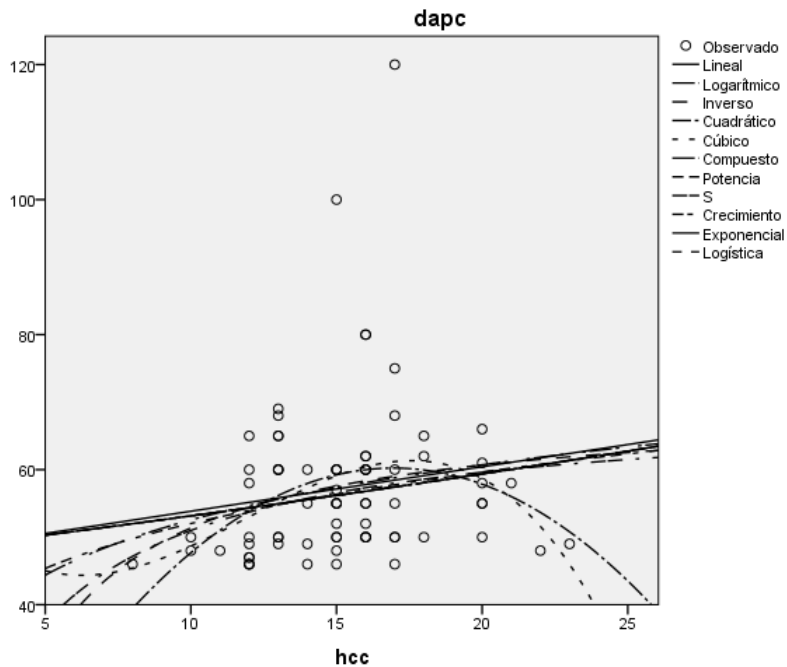
#### 1. Relación altura comercial - diámetro de los árboles de “cumala”.

Los modelos matemáticos utilizados en la evaluación de la relación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles de la especie “cumala” en un bosque de colina baja, en el cuadro 5, indican que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cúbico** en el cual se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,319$  y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,102$ .

**Cuadro 5** Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala”.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,161	0,026
Logarítmica	0,192	0,037
Inversa	0,217	0,047
Cuadrático	0,303	0,092
<b>Cúbico</b>	<b>0,319</b>	<b>0,102</b>
Compuesto	0,182	0,033
Potencia	0,217	0,047
S	0,245	0,060
Crecimiento	0,182	0,033
Exponencial	0,182	0,033
Logística	0,182	0,033

Además, se muestra en la figura 7 la tendencia cúbica de la relación diámetro y altura comercial en el bosque de colina baja para la especie “cumala”.



**Figura 7.** Relación altura comercial - diámetro de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja.

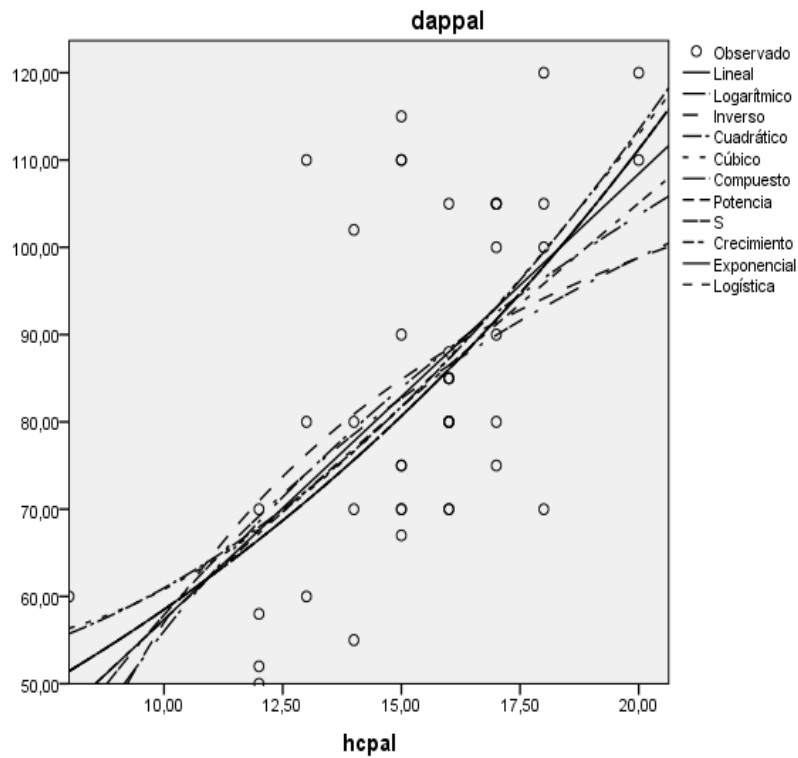
### Relación altura comercial - diámetro de los árboles de la especie “palisangre”.

De los modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles de la especie “palisangre” registrados en el bosque de colina baja, los resultados indican que las ecuaciones que más se ajustan a ésta relación son los modelos **compuesto, crecimiento, exponencial** y **logística** donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,616$  y el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,380$  se presenta en el cuadro 5.

**Cuadro 6.** Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “palisangre”.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,593	0,352
Logarítmica	0,572	0,327
Inversa	0,533	0,284
Cuadrático	0,601	0,361
Cúbico	0,602	0,362
Compuesto	0,616	0,380
Potencia	0,600	0,360
S	0,564	0,318
Crecimiento	0,616	0,380
Exponencial	0,616	0,380
Logística	0,616	0,380

Además, se muestra en la figura 8 la tendencia cuadrática de la relación diámetro y altura comercial para la especie “palisangre” en el área de estudio.



**Figura 8.** Relación altura comercial - diámetro de los árboles de “palisangre” en un bosque de colina baja.

### Relación altura comercial - diámetro de los árboles de la especie “mari mari”.

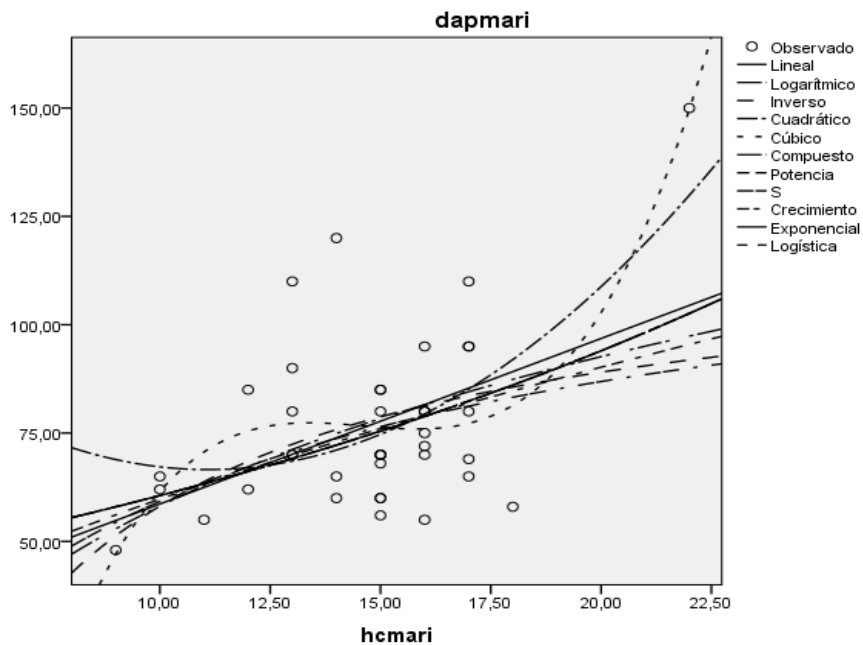
Los modelos matemáticos utilizados en la evaluación de la relación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles de la especie “mari mari” en un bosque de colina baja que se muestran en el cuadro 7, las ecuaciones que más se ajustan en ésta relación fue la **cúbica**, donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,658$  y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,433$ .



**Cuadro 7.** Modelos matemáticos aplicados a la relación altura comercial - diámetro de los árboles de “mari mari”.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,465	0,216
Logarítmica	0,432	0,187
Inversa	0,404	0,163
Cuadrático	0,540	0,292
Cúbico	0,658	0,433
Compuesto	0,456	0,208
Potencia	0,440	0,194
S	0,427	0,182
Crecimiento	0,456	0,208
Exponencial	0,456	0,208
Logística	0,456	0,208

En la figura 9 se muestra la tendencia cúbica de la relación altura comercial - diámetro para la especie “mari mari”.



**Figura 9.** Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “mari mari”.

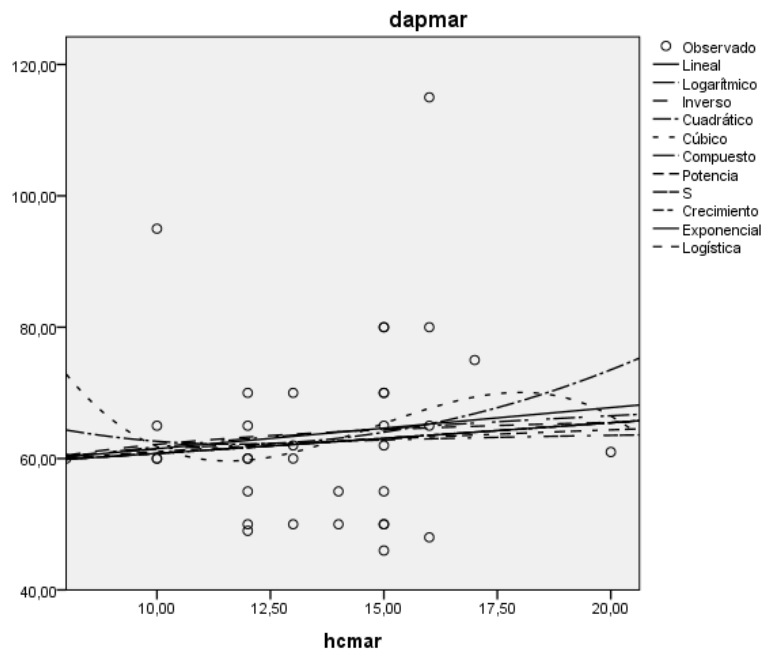
### Relación altura comercial - diámetro de los árboles de la especie “marupa”.

Los modelos matemáticos utilizados en la evaluación de la relación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles de la especie “marupa” en un bosque de colina baja muestran en el cuadro 8 que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cúbico** en la cual se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,232$  y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,054$ .

**Cuadro 8.** Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “marupa”.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,110	0,012
Logarítmica	0,089	0,008
Inversa	0,071	0,005
Cuadrático	0,145	0,021
<b>Cúbico</b>	<b>0,232</b>	<b>0,054</b>
Compuesto	0,089	0,008
Potencia	0,071	0,005
S	0,055	0,003
Crecimiento	0,089	0,008
Exponencial	0,089	0,008
Logística	0,089	0,008

Para mejor comprensión de la tendencia cúbica de la relación diámetro y altura comercial para la especie “marupa” en el área de estudio se presenta la figura 10.



**Figura 10.** Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “marupa” en un bosque de colina baja.

## X. DISCUSIÓN

### 10.1. Composición florística

En este estudio se registró en total doce (12) especies comerciales, las cuales se encuentran distribuidas en cinco familias botánicas, de las cuales la familia Fabaceae es la que destaca con siete especies comerciales que representa el 58% de las especies registradas en la evaluación, seguida de la familia Myristicaceae con dos especies que representan 17% de las especies registradas en el censo forestal y, tres familias botánicas presentaron una especie cada una que representan en total 25% de las especies comerciales registradas en el bosque de colina baja.

En un inventario forestal Luna (2013), en un bosque de colina baja en el distrito del Yavarí, registró a la familia Myristicaceae con el mayor número de especies (2) con predominio del género *Virola* que representa el 25% del total; mientras que las demás especies que son siete (7) en total tienen una sola especie (*glabrum*, *odorata*, *rubescens*, *integrifolia*, *amara*, *acuminata* y *cateniformis*) que en total representan el 87,5% del bosque;

Díaz (2010), en un bosque de colina baja, en el distrito del Napo, inventario 19 especies comerciales para árboles  $\geq 40$  cm de dap, distribuidas en 12 familias botánicas; la familia Fabaceae alberga 5 especies comerciales que representa el 26,32% del total de especies registradas en el inventario forestal, seguida por Myristicaceae con 3 especies comerciales que representa el 15,79 % del total de especies y, la familia Lauraceae con 2 especies que representa el 10,53 % de especies registradas en el inventario forestal.

Los resultados de la composición florística del presente estudio comparando con los estudios mencionados se observa que las familias Fabaceae y Myristicaceae

son las representativas en el bosque de colina baja, según Gentry (1988), la familia Fabaceae es la más diversa en los bosques primarios neotropicales en las zonas de baja altitud de la Amazonía Peruana y está considerada dentro de las diez familias botánicas más importantes. Gómez (1972), menciona que los bosques tropicales presentan una composición fuertemente mixta, con una gran cantidad de especies por unidad de superficie, varía de un lugar a otro del bosque, relacionada a las condiciones del medio y a las características inherentes a las especies.

## **10.2. Abundancia**

Las especies comerciales que tienen mayor presencia en el bosque evaluado fueron “cumala” con 74 individuos y “palisangre” con 45 individuos, estas dos especies representan casi la mitad del total de individuos registrados en el bosque evaluado con 42% de individuos, lo cual indica que estas especies presentan buena dinámica de crecimiento en el transcurso del tiempo. Wadsworth (2000), indica que el destino de cada árbol depende de su capacidad de tolerar o dominar a sus vecinos, lo que a su vez depende, en parte, de la capacidad relativa de su sistema radicular para obtener agua y nutrientes y, de sus copas para alcanzar una iluminación adecuada.

## **10.3. Relación diámetro – altura comercial y abundancia – clase diamétrica de los árboles de las especies comerciales.**

Las especies comerciales de mayor abundancia fueron “cumala”, “palisangre”, “mari mari” y “marupa” que representan el 68% del total de individuos registrados en el bosque de colina baja de la cuenca del río Nanay, las mismas que fueron

evaluadas considerando las variables dap (dependiente) y la variable altura comercial (independiente) para árboles comerciales con dap > 40 cm; además, la relación abundancia – clase diamétrica. Los resultados indican que en las cuatro especies forestales el modelo matemático que más se ajusta es el modelo **cúbico** que se presentó en tres de las cuatro especies seleccionadas; este mismo modelo matemático corresponde también a la relación abundancia – clase diamétrica; pero, a nivel general o sea considerando a todos los individuos de todas las especies registradas en el inventario forestal del área de estudio el modelo matemático (ecuación) que más se ajusta es el **potencial** lo cual indica que existen especies forestales comerciales que deben tener tendencias diferentes a la **cúbica**. Para la relación diámetro – altura comercial a nivel general el coeficiente de correlación  $r = 0,288$  el cual indica **regular** relación entre el diámetro y la altura comercial de los árboles del bosque de colina baja de la cuenca del Nanay y, el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,083$  indica que 8,3% de la variabilidad de ambas variables es común y el 91,7% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales se atribuye a otros factores diferentes a la altura comercial; sin embargo, para la relación abundancia – clase diamétrica el coeficiente de correlación fue  $r = 0,931$  el cual indica **excelente** relación entre la abundancia y clase diamétrica en los árboles del bosque de colina baja de la cuenca del Nanay; el coeficiente de determinación fue  $r^2 = 0,866$  indica que 86,6% de la variabilidad de ambas variables es común y el 13,4% de los cambios producidos en la abundancia de los árboles comerciales se atribuye a otros factores diferentes a la clase diamétrica; en el análisis realizado por especie se observa que la asociación diámetro – altura comercial de los árboles comerciales para este tipo de bosque es de **regular a bueno**, con coeficientes de

determinación de 10,2% “cumala”, 38,0% “palisangre”, 43,3% “mari mari” y 5,4% “tahuari” que indican que la variabilidad de ambas variables es común entre 10% y 43% por tanto, no menos del 57% de las variaciones que se producen en los diámetros de los árboles de estas especies se atribuyen a otros factores diferentes a la altura comercial; esta situación se presenta posiblemente porque la relación entre el diámetro y la altura comercial en los árboles evaluados es muy variado en cada una de las especies que conforman este bosque. Loetsch (1973), indica que el diámetro de los árboles es un parámetro esencialmente variable y que el incremento en diámetro a diferentes alturas del tronco no es igual. Además, Hawley y Smith (1980), consideran que el crecimiento en diámetro de los árboles es más variable que la altura; según Zeide y Vanderschaaf (2002) el diámetro de los árboles a la altura del pecho explica mucho de las variaciones en altura; Husch (1963) y Harrison (1951) mencionado por Burga (1993), explican que la medición del diámetro es una de las medidas forestales más importantes para la organización de planes de ordenación y administración. Así mismo, Niklas y Enquist (2002), afirman que la variable dap es utilizada en la biología vegetal para el desarrollo de relaciones correlativas entre variables vinculadas al tamaño para aplicaciones en agricultura, funcionamiento de ecosistemas y manejo de bosques.

## XI. CONCLUSIONES

1. En el bosque de colina baja evaluada se ha registrado en total 12 especies comerciales distribuidas en 05 familias botánicas.
2. El mayor número de especies se identificó en las familias botánicas Fabaceae (7) y Myristicaceae (2).
3. Las especies comerciales que tienen mayor presencia en el bosque de colina baja son, “cumala” con 74 individuos, “palisangre” con 45 individuos, “mari mari” con 40 individuos y “marupa” con 34 individuos.
4. La relación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio se ajustó al modelo de distribución de tipo **potencial**, con coeficiente de determinación de 0,083 es decir 8,3% de variaciones es de ambas variables.
5. La asociación entre abundancia – clase diamétrica de los árboles de las especie comerciales del bosque en estudio fue **excelente** con modelo de distribución de tipo **cúbico**.
6. La relación diámetro – altura comercial de los árboles de las especies “cumala” y “marupa” fue **regular** con coeficiente de correlación  $0,00 < r \leq 0,50$ ; para “palisangre” y “mari mari” fue **buena** con coeficiente de correlación  $0,50 < r \leq 0,75$ .
7. Se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula en este ensayo.



## **XII. RECOMENDACIONES**

1. Continuar con estudios similares en otras localidades para determinar el grado de relación entre las variables altura comercial – diámetro de los árboles de otros tipos de bosque, con la finalidad de realizar comparaciones y buscar la estandarización.
2. Efectuar estudios utilizando principalmente las especies de valor comercial, con la finalidad de obtener información para ser usadas con fines de manejo forestal.

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M. F. 1980. Tropical rain forest dynamics: a simple mathematical model. En Furtado JI (Ed.) Tropical ecology and development. International Society of Tropical Ecology. Kuala Lumpur, Malasia. Pp. 219-227.
- Álvarez, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Postgrado. Tesis Magíster Scientiae en manejo y conservación de bosques naturales y biodiversidad. Turrialba, Costa Rica. 76 p.
- Alves, L. F. y F. A. Santos. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. J. Trop. Ecol. 18: 245-260.
- Baluart, J. 2000. Avances sobre bioecología, ecología y utilización del Cesto Tamshi *Troracocarpus bissectu* en Jenaro Herrera – Iquitos. Folia Amazónica. Vol. 11: (1-2) Iquitos – Perú. 36 – 42 p.
- Beiguelman, B. 1994. Curso práctico de bioestadística. 3era. Edición. Sociedade Brasileira de genética. Brasil. 231 p.
- Budowski, G. 1985. Aspectos ecológicos del bosque húmedo. La conservación como instrumento para el desarrollo. San José, Costa Rica. UNED/MAG/USAID/FPN, 269-279 p.
- Burga, R. 1993. Determinación de la estructura total y por especie en tres tipos de bosques en Iquitos-Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad nacional de la Amazonía Peruana. 126 p.

- Consejo Nacional del Ambiente – Perú (CONAM). 2005. Indicadores Ambientales Loreto. Serie Indicadores Ambientales N° 7. 60 p.
- Davis, S. L. y K. N. Johnson. 1987. Forest Management”. Third edition. McGraw-Hill. New York. 730 pp.
- Delgado, L. A. 2000. Modelos de simulación de la dinámica del bosque tropical. Reserva Forestal Imataca. Sector central. Tesis. UNEG, Venezuela. 179 p.
- Delgado, L. A. F. M. Acevedo, H. Castellanos, H. Ramírez y J.Serrano. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. 8 p.
- Díaz, C. E. 2010. “Valoración económica y estructura horizontal de especies comerciales en un bosque natural de colina baja, distrito del Napo, Loreto, Perú”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal – UNAP. Iquitos. 50 p.
- Di Rienzo, J. A. M. G. Balzarini.; F. Casanoves.; L. A. Tablada.; E. M. Diaz. y C. W. Robledo. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. 4ta. Edición. Cordova Argentina. 322 p.
- Fondo para la agricultura y la alimentación de las Naciones Unidas (FAO). 1974. Traducido por Knowles O.H. Levantamientos florestais realizados pela misao FAO na amazonía (1956-1961) GRAFISA. Belen Para Vol. 2. 705 p.
- Finegan. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Programa de producción y desarrollo agropecuario sostenido. Área de producción forestal y agroforestal. Proyecto silvicultura de bosques naturales. Turrialba, Costa Rica. P 96-120.

- Fontes, L. M. 1999. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. Allometric patterns for tropical pioneer tree species. *Scientia Forestalis* 55: 79-87.
- Gentry, A. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 75: 1-34.
- Gomez, P. 1972. The tropical rain forest: a non renewable resource. En: *Science*. 177: 762-765.
- Hawley, C. y M. Smith. 1972. *Silvicultura práctica*. Omega S.A. Barcelona. 544 p.
- Hawley, C. y M. Smith. 1980. *La dinámica de los bosques neotropicales*. San José de Costa Rica. Centro Científico Tropical. 27 p.
- Heinsdijk, D. Y A. Miranda. 1963. *Inventarios forestais na amazonia*. Irmaos Di Giargio Cí. Río de Janeiro. 100 p.
- Henry, H. A. y L. W. Aarssen. 1999 The interpretation of stem diameter-height allometry in trees: biomechanical constraints, neighbour effects or biased regression. *Ecol. Lett.* 2: 89-97.
- Instituto Nacional de Desarrollo (INADE). 2004. *Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la Cuenca del río Putumayo (PEDICP)*. Propuesta final de zonificación ecológica económica, sector: Mazan – El Estrecho, Iquitos – Perú. 255 – 398 p.
- King, D. A. 1990. Allometry of saplings and understory trees of a Panamanian forest. *Functional Ecol.* 4: 27-32.
- King, D. A. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *J. Tropical Ecol.* 12: 25-44.
- Leite, F. M. A. 1999. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. *Scientia Forestalis* 55: 79-87.

- Lindorf, H., L. de Parisca y P. Rodríguez. 1991. Botánica, clasificación, estructura y reproducción. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Loetsch, F. *et al.* 1973. Forest inventory. Manchen. BLV. 2. 469 p.
- Loja, W. 2010. Potencial maderable de un bosque de colina baja del censo forestal de la comunidad nativa San Antonio, río Pintuyacu-Alto Nanay, Loreto, Perú. Borrador de tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú. 54 p.
- López, A. J. L., J. I. Valdez, H., T. Terrazas y J. R. Valdez. 2006. Crecimiento endiámetro de especies arbóreas en una selva mediana sub caducifolia en Colima, México. *Agro ciencia* 40 (1):139-147.31Madera
- López, M. D; P. L. Soto; F. G. Jiménez y S. D. Hernández. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de acacia pennatula y guazuma ulmifolia en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Interciencia*. Caracas, Venezuela. Pág. 334-339.
- Luna, A. S. 2013. Contenido de carbono almacenado en los fustes de nueve especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en el distrito del Yavari, Loreto, Perú. Tesis de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 70 p.
- Macedo, C. J. F. 2012. Tamaño óptimo de la unidad de muestreo para inventarios forestales en la comunidad campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto Nanay. Región Loreto. Borrador de Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 49 p.

- Malleux, J. 1975. Inventario forestal en bosques tropicales. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 414 p.
- Moscovich, A.; H. Keller.; R. Martiarena.; R. Fernandez y A. Borhen. 2003. Determinación del tamaño óptimo de parcelas para estudios de composición florística de selva y forestaciones de coníferas de la provincia de Misiones, Argentina. Décimas jornadas técnicas forestales y ambientales. Facultad de Ciencias Forestales. 9 p.
- Nebel, G. kvist, P. Vanclay, J. Christensen, H. Freitas, I. y J. Ruiz. 2000. Estructura y composición florística del bosque de la llanura aluvial en la Amazonía Peruana: I. El Bosque Alto. IIAP. Folia Amazónica Vol. 10 (1-2). 91- 151 p.
- Niklas, K. J. y B. J. Enquist. 2002. On the vegetative biomass partitioning of seed plant leaves, stems, and roots. *Am. Naturalist* 159: 482-497.
- Ojeda, W. 1974. Estudio de la curva exponencial de distribución de frecuencias por clases diamétricas en bosques tropicales. Tesis Ingeniero Forestal. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 95 p.
- Orozco, L. y C. Brumer. 2002. Medición y cálculo de bosque. Inventario forestal para bosques latifoliados en América Central. Serie técnica (CATIE) N° 50 Turrialba (Costa Rica), 35-68 p.
- Pérez, D. 2001. Inventario forestal con fines de valorización en la carretera nautalquitos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ingeniería Forestal. Artículo Científico. 21 p.
- Ramírez M. H. y M. B. Zepeda. 1994. "Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México". In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F. s/p.

- Regalado, M. A., R. E. Peralta. y R. C. A. González. 2005. Como hacer un modelo matemático. 18 p.
- Segura, M. y H. Andrade. 2008. Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. Agroforestería en las Américas N° 46. p. 89-96.
- Spichiger, R., J. Meroz, P. A. Loizeau y L. Stutz de Ortega. 1989. Contribución a la flora de la amazonía peruana. Los árboles del arboretum Jenaro Herrera. Volumen I. Génova – Italia. 359 p.
- Spichiger, R., J. Meroz, P. A. Loizeau y L. Stutz de Ortega. 1990. Contribución a la flora de la amazonía peruana. Los árboles del arboretum Jenaro Herrera. Volumen II. Génova – Italia. 390 p.
- Swaine, M. D. y T. C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. *Vegetation*. p.75: 81-86.
- Villacorta, F. M. 2012. Relación de la abundancia y estructura diamétrica en tres tipos de bosque y especies más importantes en la cuenca media del río Arabela. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales-UNAP. 90 p.
- Wabo, E. 2003. Inventarios forestales. Consultor forestal. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 23 p.
- Wadsworth, F. 2000, Los bosques primarios y su productividad. En: Producción forestal para america tropical. Manual de agricultura 710 – S. USDA. Washington, DC. p. 69 -109.
- Weiner, J.; P. Stoll.; H. Müller-Landau.; A. Jansentulyan.; E. Müller. y T. Hara. 2001. Spatial pattern, competitive symmetry and size variability in a

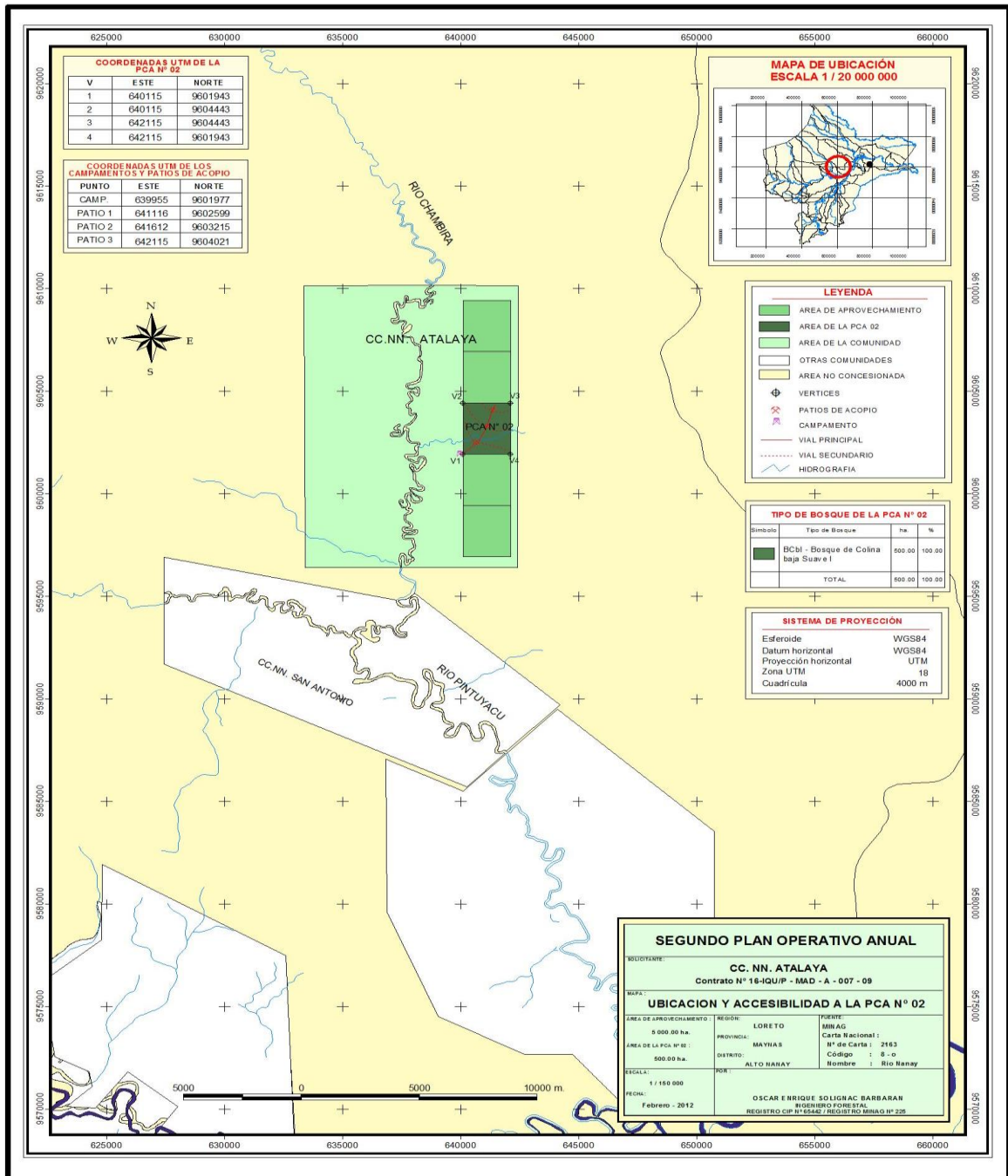
spatially-explicit, individual-based plant competition model. *Am. Naturalist* 158: 438-450.

Zeide B. y C. Vanderschaaf. 2002. The effect of density on the height-diameter relationship. En Outcalt KW (Ed.) Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. USDA. Asheville, NC, EEUU. pp. 463-466.

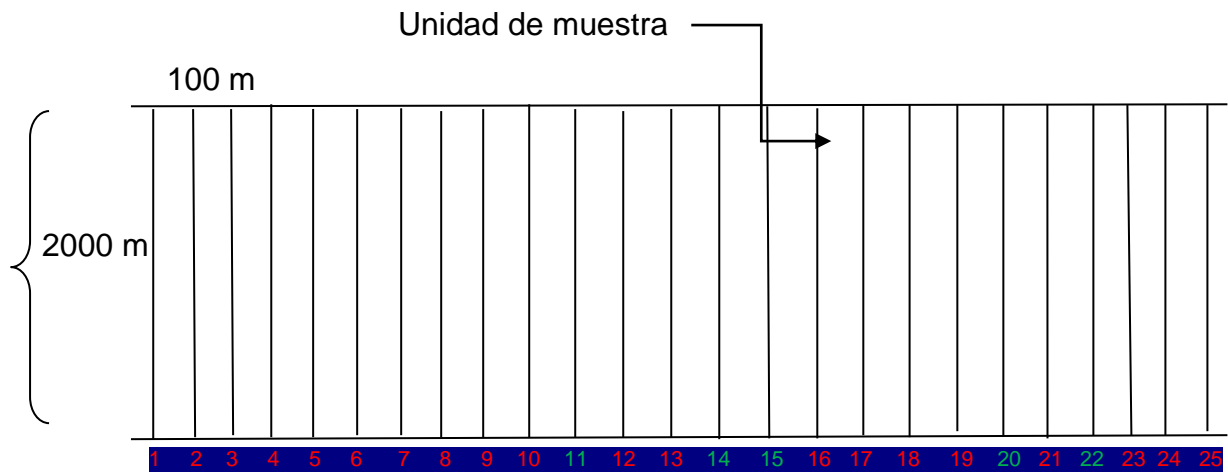
[http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia\\_IO.htm](http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia_IO.htm)



# **A N E X O**



Anexo 1: Mapa de ubicación del área de estudio.



**Figura 2:** Croquis de distribución de las unidades de muestreo en el área de estudio.