



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Tesis**

“Asociación altura comercial - diámetro de árboles de especies comerciales de importancia ecológica, bosque colina baja. Yavarí, Loreto, Perú - 2014”.

Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal

Autor

**HEGUEL GUSTAVO VÁSQUEZ DÁVILA**

Iquitos - Perú

2016

## 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.....	2
III. HIPÓTESIS.. .....	3
3.1. Hipótesis general .....	3
3.2. Hipótesis alterna .....	3
3.3. Hipótesis nula .....	3
IV. OBJETIVOS.....	4
4.1. Objetivo general.....	4
4.2. Objetivos específicos.....	4
V. VARIABLES.....	5
5.1. Identificación de variables, indicadores e índices.....	5
5.2. Operacionalización de variables .....	5
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
VII. MARCO CONCEPTUAL.....	19
VIII. MATERIALES Y MÉTODO .....	21
8.1. Lugar de ejecución.....	21

8.2. Materiales y equipo.....	21
8.3. Método.....	22
8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
8.5. Técnica de presentación de resultados.....	26
IX. RESULTADOS .....	27
9.1. Composición florística .....	27
9.2. Abundancia .....	27
9.3. Asociación diámetro - altura comercial de los árboles del bosque de colina baja.....	28
9.4. Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de mayor importancia ecológica del bosque de colina baja.....	30
X. DISCUSIÓN .....	37
10.1. Composición florística .....	37
10.2. Abundancia.....	38
10.3. Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de mayor importancia ecológica del bosque de colina baja .....	39
XI. CONCLUSIONES .....	41
XII. RECOMENDACIONES .....	42
XIII. BIBLIOGRAFÍA. ....	43
ANEXO	

### Lista de cuadros

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Composición florística de especies comerciales del área de estudio ..	27
2	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio .....	29
3	Índice de valor de importancia del área de estudio .....	30
4	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” .....	31
5	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo” .....	32
6	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tornillo” .....	34
7	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tahuari” .....	35

## Lista de figuras

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Mapa de ubicación del área de estudio .....	51
2	Croquis de la distribución de las parcelas de muestreo .....	79
3	Abundancia por especie comercial del bosque de colina baja ..	28
4	Asociación diámetro – altura comercial de árboles de un bosque de colina baja .....	29
5	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja .....	31
6	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo” en un bosque de colina baja .....	33
7	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tornillo” en un bosque de colina baja .....	34
8	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tahuari”..	36

## RESUMEN

El área de estudio se encuentra en la concesión forestal San Luis del Yaraví 16-iqu/c-j-017-04, con coordenadas geográficas UTM (Zona 18 WGS 84), distrito Yaraví, provincia Ramón Castilla, región Loreto. El objetivo fue Conocer la relación altura comercial – diámetro de los árboles de mayor importancia ecológica de un bosque de colina baja, Yavarí, Loreto, Perú. Para el inventario forestal se utilizó el diseño de fajas con distribución sistemáticamente, las fajas tuvieron 100 m de ancho por 1700 m de largo, en total fueron 25 unidades. Los resultados indican que se han registrado 11 especies comerciales distribuidas en 09 familias botánicas; se ha determinado 02 individuos/ha para especies comerciales; La asociación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio se ajustó al modelo de distribución de tipo **potencial** con  $r = 0,997$ ; además indica **excelente** asociación entre las variables. La asociación diámetro – altura de los árboles de las especies “cumala”, “cumala aguanillo”, “tornillo” y “tahuari” fue **regular** con  $0,00 < r \leq 0,50$ ; las ecuaciones definidas fueron **cuadrática y cúbica**.

**Palabras claves:** asociación, especies comerciales, ecuaciones.

## I. INTRODUCCIÓN

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). El escaso conocimiento sobre la composición florística y dinámica del bosque de la amazonia dificulta ampliamente la orientación para su uso sostenible. 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 Álvarez (2008).

Por tal razón, en este estudio se evaluará si existe o no relación entre la variable altura y la variable diámetro de los árboles comerciales con  $dap > 40$  cm. La obtención de nuevos conocimientos referente al tema planteado en el presente estudio hará posible mejorar la escasa información existente sobre la relación de las variables altura y diámetro de los árboles comerciales de un bosque de terraza baja, para los planes de manejo.

## II. EL PROBLEMA

### 2.1. Descripción del problema

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 relación diámetro y altura comercial 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).

### 2.2. Definición del problema

¿Será que existe asociación entre la altura comercial y el diámetro de los árboles de las especies comerciales en un bosque de colina baja. Yavarí, Loreto, Perú?



### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

Demostrar la existencia de asociación entre altura comercial y diámetro en los árboles de un bosque de colina baja, Yavarí, Loreto, Perú.

#### **3.2. Hipótesis alterna**

Existe asociación entre altura comercial y diámetro en los árboles de un bosque de colina baja, Yavarí, Loreto, Perú.

#### **3.3. Hipótesis nula**

No existe asociación entre altura comercial y diámetro en los árboles de un bosque de colina baja, Yavarí, Loreto, Perú.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Conocer la relación altura comercial – diámetro de los árboles de mayor importancia ecológica de un bosque de colina baja, Yavarí, 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 y diámetro (dap) de los árboles de las especies comerciales.
- Obtener el Índice de Valor de Importancia del bosque en estudio.
- Determinar mediante el método de regresión si existe o no relación entre la altura comercial y dap de los árboles de las especies comerciales.
- Calificar por el método de correlación el grado de asociación 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 como variable dependiente (Y) se consideró al diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles > 40cm de dap que se registraron en el bosque de colina baja; los indicadores fueron las mediciones de altura comercial y el dap; los índices fueron, metro y centímetro.

### 5.2. Operacionalidad 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.	Composición florística  Medición de altura comercial	Número de especies comerciales Número de familias botánicas.  Metro
<b>Dependiente (Y)</b>		
Dap de los árboles >40 cm de dap del bosque de colina baja.	Medición del Dap	Centímetro

## VI. REVISIÓN DE LITERATURA

### 6.1. Antecedentes

En bosques con alta diversidad de especies, los diferentes modelos matemáticos 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. Así mismo, 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.

Estudios realizados en bosques de la Amazonía, presentan valores de dominancia que varían entre 22-50 m<sup>2</sup>/ha (INIEA, 2003) y de 26-27 m<sup>2</sup>/ha presentados por Abadie (1956), Sabogal (1980) y Marmillod (1982), citado por Freitas (1996).

## 6.2. Marco teórico

### Bosque

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>).

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 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.

### **Estructura Horizontal de la vegetación**

Ruokolainen & Tuomisto (1993), reportan que en la Amazonía Peruana los terrenos de tierra firme ocupados por bosques tropicales son estructuralmente homogéneos en áreas muy extensas y poseen un número muy alto de especies vegetales.

Dansereau (1961) cit. por Hidalgo (1982) manifiesta que la estructura debe entenderse como agregado cuantitativo de actividades funcionales, es decir, la ocupación espacial de los componentes de una masa vegetal.

Schulz (1970) cit. por Wasdworth (2000), define la estructura horizontal como el arreglo espacial de los árboles en una superficie boscosa; este arreglo espacial, se relaciona con los tamaños, ubicación relativa y tipos de forma de vida. De esta manera se mide la densidad del bosque por la cantidad y tamaño de los árboles y el área basal.

Lamprecht (1990), sugiere técnicas que permitirán realizar el análisis de la composición florística y estructura horizontal que se presentan a continuación:

### **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.

### **Abundancia de especies**

Font-Quer (1953), define la abundancia como el número de individuos de cada especie dentro de una asociación vegetal. El análisis de la abundancia por especies, por grupo comercial, grupo ecológico o por clase diamétrica proporcionan información visual sobre la factibilidad de realizar un aprovechamiento comercial en relación a la futura composición del bosque (Louman & Stanley 2002). Asimismo, Lamprecht (1990) define a la abundancia absoluta como el número total de individuos pertenecientes a una especie y abundancia relativa como la proporción de cada especie en porcentaje del número total de árboles registrados en la parcela de estudio.

Por lo general, las especies más abundantes poseen altos valores de frecuencia, es decir, que pertenecen a grupos con distribución horizontal continua; a pesar de la gran abundancia de individuos, son relativamente pocas las

especies que caracterizan florísticamente al bosque y las restantes son más bien “acompañantes” o poco importantes (Lamprecht, 1990). 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).

### **Dominancia**

Lamprecht (1990), indica que la dominancia es el grado de cobertura de las especies, expresando el espacio ocupado por las mismas; se define como la suma de las proyecciones horizontales de la copa de los árboles sobre el suelo. Y para tener una idea sobre la dominancia entre las especies de un bosque, lo ideal sería medir el ancho, la altura y la ubicación de todas las copas de los árboles en parcelas permanentes de muestreo.

Hidalgo (1982), dice que otros autores coinciden en la importancia de la forma de la copa para definir la conformación y desarrollo de los futuros fustes de los árboles. Sin embargo, su estimación ha sido motivo de divergencias. Por otro lado Lamprecht (1990), menciona que a causa de la existencia de varios doseles, la estructura vertical y horizontal del bosque se vuelve compleja; la determinación de la proyección de la copa resulta en extremo complicada, trabajosa y en algún caso imposible de realizar, usualmente ésta se determina en forma visual, resultado demasiado costoso y estaría sujeto a muchos errores de medición. Por lo tanto, la proyección de la copa ya no es evaluada, se emplean las áreas basales consideradas como sustitutos de los verdaderos valores de la dominancia de las especies.

Louman y Stanley (2002) e Hidalgo (1982), afirman que el empleo de las

áreas basales es justificable; ya que las investigaciones al respecto han demostrado que por regla general existe una correlación lineal relativamente alta, parabólica y cuadrática entre el diámetro de la copa y el fuste, gracias al aporte de los investigadores Dawkins (1963), Malleux (1970), Hoheisel (1976) citado por Hidalgo (1982).

Finegan (1997) cit. por Louman (2001), desde el punto de vista silvicultural, menciona que la medida más importante de la organización horizontal es el área basal ( $m^2/ha$ ). Snook (1993) citado en Louman & Stanley (2002), refiere que al usar el parámetro de área basal y, si una especie posee altos valores, significa que posee mejor calidad de sitio; esto es un indicador del nivel de competencia en el dosel y grado de desarrollo del bosque. Asimismo, Sabogal (1980) citado en Freitas (1986), indica que el área basal permite medir la potencialidad productora del medio ambiente.

Lamprecht (1990), define que la tendencia de desarrollo de un bosque se puede determinar mediante el análisis de la distribución del número de árboles por clase diamétricas, para especies o grupos de especies. En los bosques tropicales húmedos las reservas de árboles pequeños son en todo momento lo suficientemente abundantes como para sustituir a los árboles grandes que mueren, el rendimiento sostenido natural está obviamente asegurado.

Para Louman (2001), las características del bosque como el suelo, clima, especies y dinámica, determinan la estructura horizontal, esto se refleja en la distribución de los árboles por clase diamétrica. Hawley y Smith (1972), define dos tipos de estructuras diamétricas: Las coetáneas o regulares y las discetáneas o irregulares. Una *estructura regular* corresponde a un bosque donde la mayor parte de los individuos de una o varias especies tienen una misma edad o tamaño, esta

estructura se expresa gráficamente con una curva en forma de campana. En una *estructura irregular*, los individuos del bosque se encuentran distribuidos en varias clases de tamaño representado mediante una distribución del tipo “J” invertida. Lamprecht (1962) cit. por Hidalgo (1982), anteriormente ya había fundamentado esta hipótesis, al mencionar que el bosque es dinámico y no requiere intervenciones específicas para mantener la estructura existente, garantizando la existencia y sobrevivencia. Por el contrario, cuando ocurre una estructura diamétrica irregular, las especies tenderán a desaparecer con el tiempo.

### **Frecuencia de especies**

La frecuencia expresa la regularidad de la distribución espacial u horizontal, indicando la existencia de una especie en determinadas subparcelas evaluadas. Es un concepto estadístico que expresa la medida de porcentajes de ocurrencia, presencia o ausencia de una especie en áreas de igual tamaño dentro de una comunidad (Lamprecht 1962, Forster 1973 y Finol 1974 cit. por Hidalgo 1982). Este parámetro resulta ser un indicador de la diversidad o de la complejidad florística de la asociación dentro de la comunidad forestal (Sabogal 1980, Vega 1968, cit. en Freitas 1986).

Para Lamprecht (1990), de acuerdo a las frecuencias absolutas, se acostumbra a reunir las especies en cinco (5) clases siguientes: I = 1- 20 %; II = 21- 40 %; III= 41- 60 %; IV= 61-80 %; V= 81-100 %. Además, la relación de frecuencia se puede representar gráficamente en un diagrama, determinando una idea aproximada de la homogeneidad del bosque. Diagramas con valores altos en las clases de frecuencia de IV-V indican la existencia de una composición florística homogénea. Altos valores en las clases I-II representan una heterogeneidad florística establecida.

El mismo autor, indica que debe observarse que los valores de frecuencia también dependen del tamaño de las subparcelas; cuanto más grandes sean éstas, mayor cantidad de especies tendrán acceso a las clases altas de frecuencia. Por lo tanto, solo son comparables los diagramas de frecuencia obtenidos a partir de parcelas de muestreo con igual tamaño de subparcelas.

La frecuencia absoluta también es igual a la existencia en todas las subparcelas. La frecuencia relativa de una especie se calcula como la proyección expresada en porcentajes de la frecuencia absoluta de una especie en relación a la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

### **Índice de valor de importancia**

Los datos estructurales de abundancia, dominancia y frecuencia revelan aspectos importantes de la composición florística; pero por sí solos, no ofrecen información sobre la estructura florística del bosque en conjunto, de allí que muchos autores como Cain y Castro (1956), Foerster (1973), Lamprecht (1964), Sabogal (1980), Hidalgo (19829 cit. por Freitas (1986) y (1996), intentan buscar la manera de combinarlos en una sola expresión.

El llamado índice de valor de importancia (IVI), formulado por Curtis & McIntosh (1951) cit. en Lamprecht (1990), este es calculado para cada especie, a partir de la suma de valores relativos de abundancia, frecuencia y dominancia. Con éste índice es posible calcular el “peso ecológico” de cada especie, dentro del tipo de bosque correspondiente. La obtención de índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras, sugiere la igualdad o por lo menos la semejanza del bosque en su composición, en su estructura, en lo referente al sitio y a la dinámica.

El valor máximo relativo del IVI es de 300 %, cuando más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes. Este parámetro está influenciado por la forma y tamaño de la unidad de muestra (Sabogal 1980, Finol 1976, cit. por Freitas, 1986).

### **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 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 interpelaciones. [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 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.* 2006).



## VII. MARCO CONCEPTUAL

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

**Estructura horizontal.** Es considerado como el arreglo espacial de los árboles en una superficie boscosa; este arreglo espacial, se relaciona con los tamaños, ubicación relativa y tipos de forma de vida (Schulz, 1970 cit. por Wasdworth, 2000).

**Composición florística.**- Es la relación de especies y familias de los árboles forestales comerciales que se registrarán en el área de estudio (Louman, 2001).

**Abundancia.** La abundancia, en el sentido cuantitativo, es el número de individuos de cada especie dentro de una asociación vegetal, referido a una unidad de superficie (Lamprecht, 1964).

**Dominancia.** Es el grado de cobertura de las especies, expresando el espacio ocupado por las mismas; la dominancia absoluta de una especie es la suma de las áreas basales individuales expresadas en m<sup>2</sup> (Lamprecht, 1990). La dominancia permite medir la potencialidad productiva del bosque constituyendo un parámetro útil para la determinación de la calidad de sitio (Finol, 1971).

**Frecuencia.** La frecuencia expresa la regularidad de la distribución espacial u horizontal, indicando la existencia de una especie en determinadas subparcelas evaluadas. Es un concepto estadístico que expresa la medida de porcentajes de ocurrencia, presencia o ausencia de una especie en áreas de igual tamaño dentro de una comunidad (Lamprecht 1962, Forster 1973 y Finol 1974 cit. por Hidalgo, 1982).

## VIII. MATERIALES Y MÉTODO

### 8.1. Lugar de ejecución

El área de estudio fue de 425,17 ha ubicada en los terrenos de la Concesión Forestal 16-IQU/C-J-017-04; las coordenadas geográficas UTM (Zona 18 WGS 84) se presenta a continuación: (Ver Mapa – Figura 1 de Anexo).

Vértice	Este (E)	Norte (N)
1	835057	9535613
2	835057	9533112
3	833357	9533112
4	833357	9535613

### Ubicación política

Políticamente se encuentra en el distrito Yavarí, provincia Ramón Castilla, región Loreto.

### Accesibilidad

El área de estudio es accesible desde la ciudad de Iquitos por vía fluvial mediante el río Amazonas, río Yavarí, río Yavarí – Mirin y luego ingresando por el río Esperanza, hasta llegar al vértice 4 del área de estudio. El área de estudio se encuentra en un bosque de colina baja, su pendiente varía de 15 a 35 %. Sus cimas son planas onduladas y muchas veces llegan a superar el nivel de las terrazas altas. Su composición litológica está representada por sedimentos correspondientes a las formaciones terciarias superiores e inferiores, compuestos por limoarcillitas, arcillitas azules, turbas, lignitos o carbón y areniscas, depositados durante el Oligoceno a Plioceno. Constituyen zonas de moderada

estabilidad, hallándose en condiciones naturales afectados sólo por procesos de escurrimiento difuso y reptación (IIAP, 2009).

## **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 terraza 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 que se registraron en el inventario forestal se utilizó la estadística básica y el método de regresión, correlación y coeficiente de determinación, para determinar si existe o no relación o asociación entre las variables en estudio (Beiguelman, 1994).

### 8.3.4. Procedimiento

#### Inventario forestal

Para el inventario forestal se utilizó el diseño de fajas, distribuidos sistemáticamente con separación entre fajas de 100 m, utilizando parcelas rectangulares de 100 m de ancho por 1700 m de largo aproximadamente (unidad de muestreo), fue en total 25 unidades de muestreo (Ver figura 2 de anexo).

Para el registro de datos del inventario forestal se tomó en cuenta a los árboles comerciales > 40 cm de DAP en cada unidad de muestreo, para lo cual se utilizó el formato 1 que se presenta a continuación:

Muestra	Árbol	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 utilizó los números del 1 al 25 de acuerdo a la unidad de muestreo (figura 2 – 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 cm, 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 clinómetro suunto.

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

Se tomó en cuenta el registro de la composición florística, altura comercial y diámetro a la altura del pecho (dap) de cada uno de los árboles de las especies comerciales > 40 cm de DAP; se efectuó la comparación Altura comercial Vs. Dap; el análisis fue tanto a nivel de especies comerciales de mayor importancia ecológica (4 especies) y a nivel general para el tipo de bosque evaluado. 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 SPSS 21.

Para determinar el grado de asociación entre las dos variables se utilizó la siguiente tabla:

Valor de "Л"		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	CUADRATICA	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2)$
5	CUBICA	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$
6	COMPUESTA	$Y = b_0 \times (b_1^t)$
7	POTENCIAL	$Y = b_0 \times (t^{b_1})$
8	S-CURVA	$Y = e^{(b_0 \times (b_1 / t))}$
9	CRECIMIENTO	$Y = e^{(b_0 \times (b_1 \times t))}$
10	EXPONENCIAL	$Y = b_0 \times (e^{(b_1 \times t)})$
11	LOGISTICA	$Y = 1 / (1/u + b_0 \times (b_1^t))$

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)

## ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

El índice de valor de importancia de las especies se estimó a través de la suma de los valores relativos de la abundancia, dominancia y frecuencia, para todas las especies que sumen 300% (Curtis & McIntosh 1951 cit. por Lamprecht 1990). La especie es considerada importante al poseer valores de IVI elevada. El grupo de especies importantes deberán tener valores relativos de IVI que alcancen 150 % del total que es 300% (Cain & Castro 1956 cit. por Hidalgo 1982).

$$IVI(\%) = Abundancia\ relativa + dominancia\ relativa + frecuencia\ relativa$$

### 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 mayores de 40 cm de DAP fueron medidos con el calibrador forestal (forcípula). La altura comercial (HC) se estimó visualmente o utilizando clinómetro suunto. La identificación de las especies se realizó con la ayuda de un matorero con experiencia quien proporcionó el nombre común de las especies forestales comerciales; los datos obtenidos se procesaron en el software SPSS 21 y Excel.

### 8.5. 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.



## IX. RESULTADOS

### 9.1. Composición florística

La composición florística de especies comerciales registradas en el área de estudio 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.* 1989-1990).

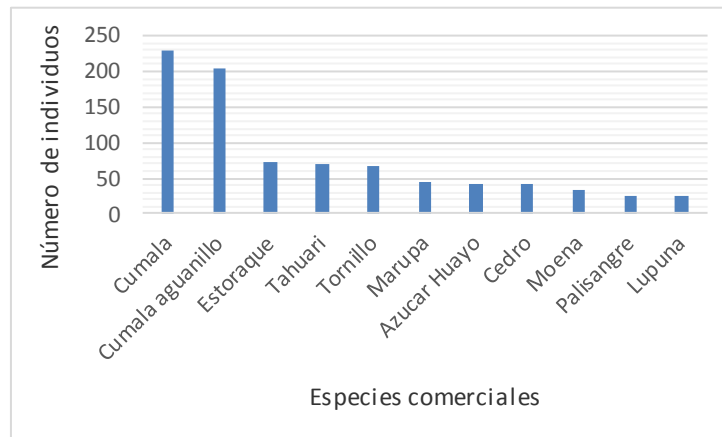
**Cuadro 1:** Composición florística de especies comerciales del área de estudio.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
1	Azucar Huayo	<i>Hymenaea palustris</i>	Fabaceae
2	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
3	Cumala	<i>Virola sp.</i>	Myristicaceae
4	Cumala aguanillo	<i>Otoba glyxicarpa</i>	Myristicaceae
5	Estoraque	<i>Myroxylon pachypetala</i>	Papiloneaceae
6	Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae
7	Marupa	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae
8	Moena	<i>Aniba sp.</i>	Lauraceae
9	Palisangre	<i>Brosimum rubescens.</i>	Moraceae
10	Tahuari	<i>Tabebuia incana</i>	Bignoniaceae
11	Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Fabaceae

En el cuadro 1 se observa que en el bosque evaluado se ha registrado en total once (11) especies comerciales, los cuales se encuentran distribuidos en nueve (9) familias botánicas; también, se aprecia que la familia Fabaceae y Myristicaceae son las que tienen mayor número de especies comerciales con 2 especies cada una; las demás familias botánicas presentaron una sola especie comercial cada una.

### 9.2. Abundancia

La abundancia de cada una de las especies comerciales que se registraron en el inventario 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 con DAP > 40 cm son las que presentaron la mayor cantidad de individuos en el bosque evaluado con 26,8% y 23,7% del total de individuos registrados en el inventario forestal.

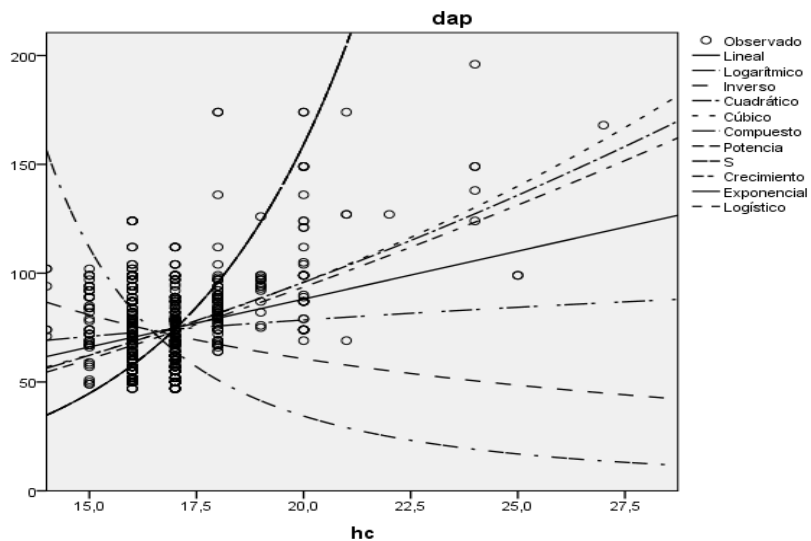
### 9.3. Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de mayor importancia ecológica del bosque de colina baja.

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 importancia ecológica 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  $r = 0,998$  y el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,997$  que se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio.

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,972	,945
Logarítmica	0,969	,938
Inversa	0,957	,916
Cuadrático	0,973	,947
Cúbico	0,973	,947
Compuesto	0,997	,994
<b>Potencia</b>	0,998	<b>,997</b>
S	0,995	,990
Crecimiento	0,997	,994
Exponencial	0,997	,994
Logística	0,997	,994

Así como también, se presenta en la figura 4 la tendencia cuadrática de la relación diámetro y altura comercial en el bosque de colina baja de la cuenca del Yavarí.



**Figura 4.** Asociación diámetro – altura comercial de árboles de un bosque de colina baja.

## 9.2. Índice de Valor de Importancia

El índice de valor de importancia ecológica se presenta en el cuadro 3, indicando la abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa para todas las especies comerciales registradas en el bosque de colina media.

**Cuadro 3:** Índice de valor de importancia del área de estudio.

Nombre común	Abundancia Relativa.	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI %
“cumala”	26,8	23,6	11,5	61,9
“cumala aguanillo”	23,7	19,1	11,5	54,3
“tornillo”	7,6	9,5	10,6	27,7
“tahuari”	8,1	7,2	10,1	25,5
“estoraque”	8,6	6,6	8,8	24,0
“lupuna”	2,9	9,5	7,8	20,1
“cedro”	4,9	5,9	8,8	19,5
“marupa”	5,4	4,9	8,8	19,1
“azucar Huayo”	4,9	5,0	7,4	17,3
“moena”	4,0	4,3	7,4	15,7
“palisangre”	3,1	4,5	7,4	14,9
Total:	100	100	100	300

Del cuadro 3 se seleccionaron las 4 especies de mayor importancia ecológica para el estudio de la relación diámetro – altura comercial, ellos fueron “cumala”, “cumala aguanillo”, “tornillo” y “tahuari”

### 9.4 Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de las 4 especies de mayor importancia ecológica.

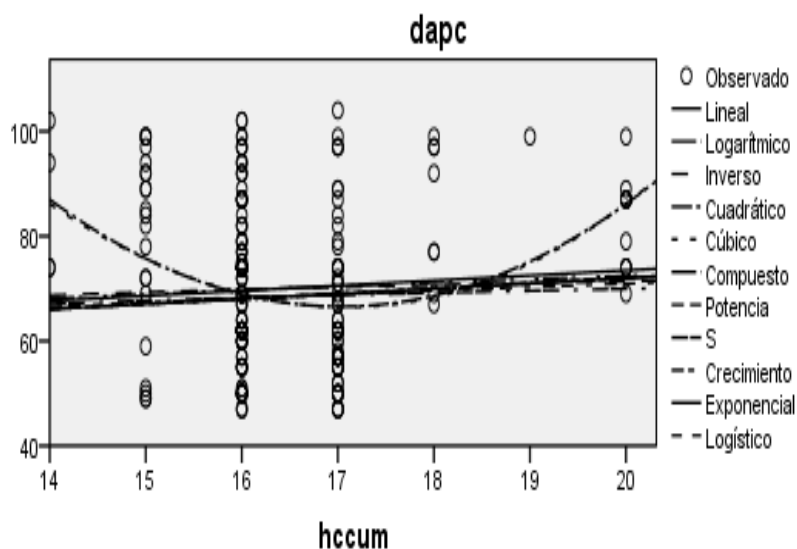
#### 1. Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de “cumala”.

Los modelos matemáticas 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 4, indican que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cuadrático** en el cual se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,324$  y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,105$ .

**Cuadro 4** Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala”.

Ecuación	r	r <sup>2</sup>
Lineal	0,071	,005
Logarítmica	0,055	,003
Inversa	0,032	,001
<b>Cuadrático</b>	<b>0,324</b>	<b>,105</b>
Cúbico	0,321	,103
Compuesto	0,071	,005
Potencia	0,055	,003
S	0,032	,001
Crecimiento	0,071	,005
Exponencial	0,071	,005
Logística	0,071	,005

Además, se muestra 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 para la especie “cumala”.



**Figura 5.** Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja.

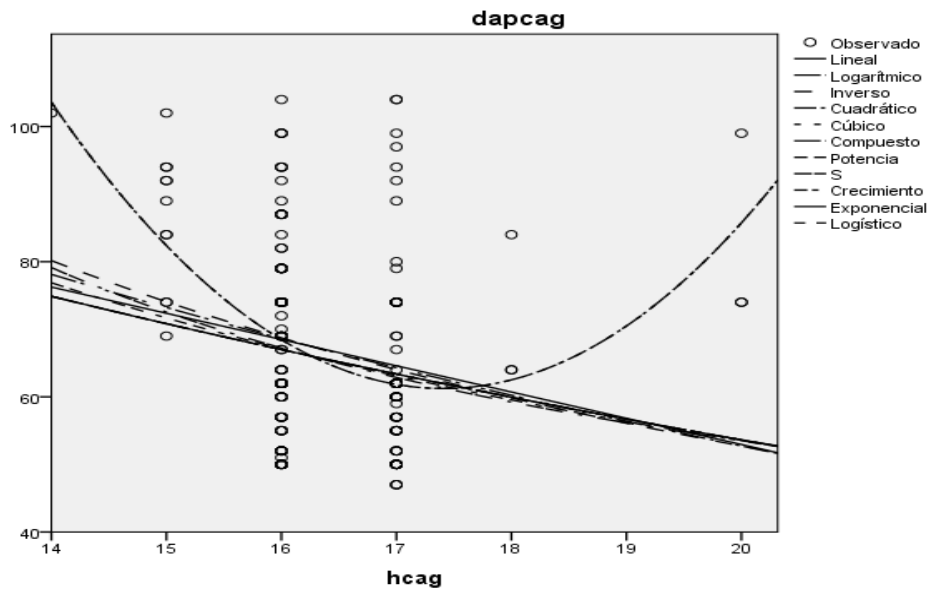
### **Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de la especie “cumala aguanillo”.**

De los modelos matemáticas aplicadas a la relación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles de la especie “cumala aguanillo” registrados en el bosque de colina baja, los resultados indican que las ecuaciones que más se ajustan a ésta relación son los modelos **cuadrático** y **cúbico** donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,411$  y el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,169$  se presenta en el cuadro 5.

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

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,202	,041
Logarítmica	0,221	,049
Inversa	0,241	,058
<b>Cuadrático</b>	<b>0,411</b>	<b>,169</b>
<b>Cúbico</b>	<b>0,411</b>	<b>,169</b>
Compuesto	0,205	,042
Potencia	0,221	,049
S	0,239	,057
Crecimiento	0,205	,042
Exponencial	0,205	,042
Logística	0,205	,042

Además, se muestra en la figura 6 la tendencia cuadrática de la relación diámetro y altura comercial para la especie “cumala aguanillo” en el área de estudio.



**Figura 6.** Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo” en un bosque de colina baja.

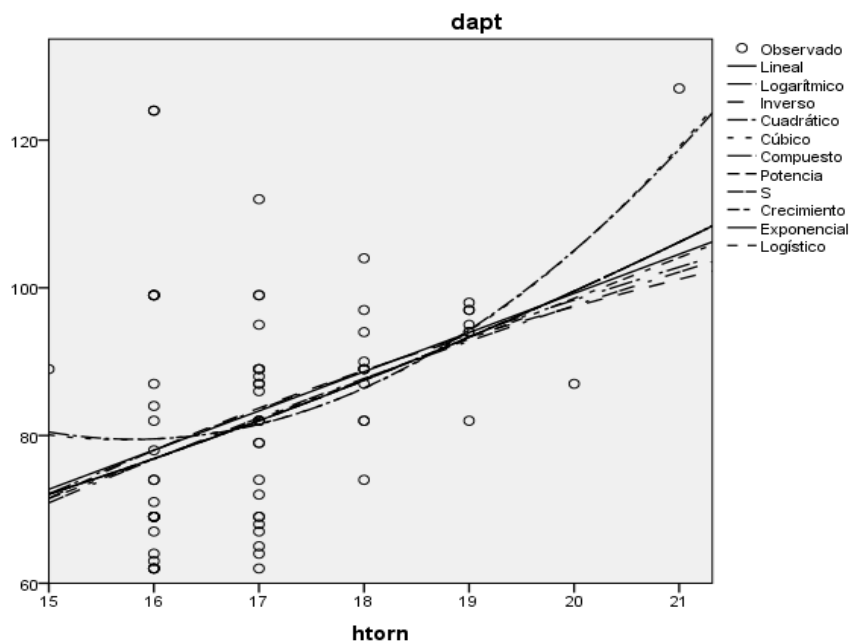
### **Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de la especie “tornillo”.**

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 “tornillo” en un bosque de colina baja muestran en el cuadro 6 que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cuadrático** y **cúbico** en los cuales se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,435$  y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,189$ .

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

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,399	,159
Logarítmica	0,391	,153
Inversa	0,383	,147
Cuadrático	0,435	,189
Cúbico	0,435	,189
Compuesto	0,415	,172
Potencia	0,409	,167
S	0,402	,162
Crecimiento	0,415	,172
Exponencial	0,415	,172
Logística	0,415	,172

Para mejor comprensión de la tendencia cuadrática o cúbica de la relación diámetro y altura comercial para la especie “tornillo” en el área de estudio se presenta la figura 7.



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



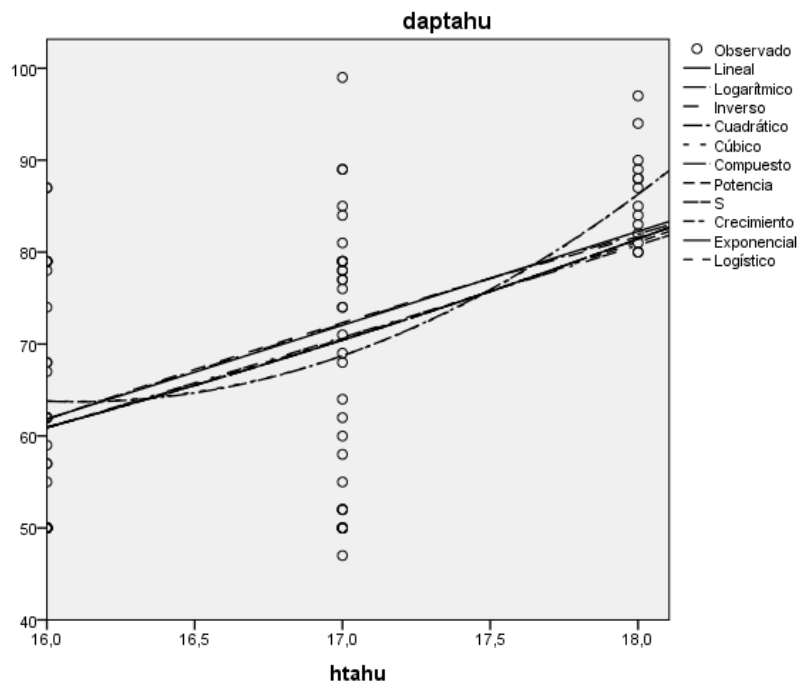
### Asociación diámetro - altura comercial de los árboles de la especie "tahuari".

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 "tahuari" en un bosque de colina baja que se muestran en el cuadro 7, las ecuaciones que más se ajustan en ésta relación fueron la **cuadrático** y la **cúbica**, donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $r = 0,544$  y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,296$ .

**Cuadro 7.** Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de "tahuari".

Ecuación	$r$	$r^2$
Lineal	0,503	,253
Logarítmica	0,499	,249
Inversa	0,495	,245
<b>Cuadrático</b>	<b>0,544</b>	<b>,296</b>
<b>Cúbico</b>	<b>0,544</b>	<b>,296</b>
Compuesto	0,483	,233
Potencia	0,479	,229
S	0,474	,225
Crecimiento	0,483	,233
Exponencial	0,483	,233
Logística	0,483	,233

En la figura 8 se muestra la tendencia de la relación diámetro – altura comercial para la especie "tahuari".



**Figura 8.** Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tahuari”.

## X. DISCUSIÓN

### 10.1. Composición florística

En este estudio se registró en total once (11) especies comerciales, los cuales se encuentran distribuidos en nueve (9) familias botánicas; destacando las familias Fabaceae y Myristicaceae que presentaron mayor número de especies comerciales (2 especies c/u), que representan el 36,37% de las especies registradas en la evaluación; las demás familias botánicas que son siete (7) registraron una sola especie comercial, representando el 63,63 % de las especies comerciales.

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. Martínez (2010), en el inventario forestal de un bosque de colina baja en el distrito de Jenaro Herrera registró en total 2012 individuos, incluidos en 46 familias botánicas, 185 especies y 121

géneros, de las cuales las familias más representativas son: Fabaceae (15), Rubiaceae (11), Sapotáceas, Moraceae y Apocynaceae (10), Chrysobalanaceae (9) y Lauraceae (9).

Los resultados del presente estudio confrontado con los estudios mencionados referente a la composición florística se observa que las familias Fabaceae y Myristicaceae que son las representativas del bosque en estudio también se presentan frecuentemente en las otras localidades, 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 de colina baja son “cumala” con 253 individuos y “cumala aguanillo” con 224 individuos, estas dos especies representan más de la mitad del total de individuos registrados en el bosque evaluado con 50,5% 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. Asociación diámetro – altura comercial de los árboles comerciales de mayor importancia ecológica del bosque de colina baja.**

De la relación de especies con su valor de índice de importancia ecológica (IVI) cuatro de ellas son la de mayor importancia ecológica “cumala blanca”, “cumala aguanillo”, “tornillo” y “tahuari” que representan el 169,4% para el bosque de colina baja de la cuenca del Yavarí, las mismas, que fueron evaluadas considerando las variables dap (dependiente) y la variable altura comercial (independiente) de los árboles comerciales con  $dap > 40$  cm. Los resultados indican que en las cuatro especies forestales el modelo matemático que más se ajusta es el **cuadrático** seguido del modelo **cúbico** que se presentó en tres de las cuatro especies seleccionadas; 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 **cuadrática** y **cúbica**. Para la asociación diámetro – altura comercial a nivel general la ecuación que se ajusta es la **potencia**, con coeficiente de correlación  $r = 0,998$  el cual indica una **excelente** asociación entre el diámetro y la altura comercial de los árboles del bosque de colina baja de la cuenca del Yavarí y, el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,997$  indica que 99,7% de la variabilidad de ambas variables es común y el 0,3% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales se atribuye a otros factores diferentes a la altura comercial; sin embargo, en el análisis realizado por especie se observa que la asociación diámetro – altura comercial de los árboles

comerciales para este tipo de bosque es **regular**, con coeficientes de determinación de 10,5% “cumala”, 16,9% “cumala aguanillo”, 18,9% “tornillo” y 29,6% “tahuari” que indican que la variabilidad de ambas variables es común entre 10% y 30% por tanto, no menos del 70% 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 asociación entre el diámetro y la altura comercial en los árboles evaluados es muy variado en cada una de las especies que conforman este bosque. Villacorta (2012) manifiesta que los modelos matemáticos exponencial, cuadrático y cúbico se ajustaron a la estructura diamétrica por especie para los bosques, terraza baja, terraza alta y colina baja. 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 11 especies comerciales distribuidas en 09 familias botánicas.
2. El mayor número de especies se identificó en las familias botánicas Fabaceae (2) y Myristicaceae (2).
3. Las especies comerciales que tienen mayor presencia en el bosque de colina baja son, “cumala” con 253 individuos, “cumala aguanillo” con 224 individuos, “estoraque” con 81 individuos y “tahuari” con 77 individuos.
4. La asociación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio se ajustó al modelo de distribución de tipo **potencial**, con coeficiente de determinación de 0,997 es decir 99,7% de variaciones es de ambas variables.
5. La asociación entre diámetro – altura de los árboles de las especie comerciales del bosque en estudio fue **excelente** con coeficiente de correlación  $0,75 < r < 1,00$ .
6. La asociación diámetro – altura de los árboles de las especies “cumala”, “cumala aguanillo”, “tornillo” y “tahuari” fue **regular** con coeficiente de correlación  $0,00 < r \leq 0,50$ .
7. En la asociación diámetro – altura comercial de los árboles de las especies “cumala”, “cumala aguanillo”, “tornillo” y “tahuari” en el bosque de colina baja las ecuaciones definidas fueron cuadrática y cúbica.
8. 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 asociación entre estas variables, en las diferentes especies forestales, con la finalidad de realizar comparaciones y buscar la estandarización.
2. Efectuar estudios utilizando otras variables de los árboles, principalmente de especies de alto valor comercial, con la finalidad de obtener información para ser usadas con fines de manejo silvicultural y aprovechamiento 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.
- Baluarte, 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. 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.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. Ann. Mo. Bot. Gard. 75: 1-34.
- 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.
- Freitas, E. 1986. Influencia del Aprovechamiento Maderero sobre la estructura y composición florística de un bosque ribereño alto en Jenaro Herrera – Perú. Tesis, Ing. For. UNAP. Perú, Iquitos. 172 p.
- Freitas, L. 1996. Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de terrazas bajas en la zona de Jenaro Herrera, Amazonia Peruana. Documento técnico N° 26. IIAP. Iquitos, Perú. 77 p.
- Gomez, P. 1972. The tropical rain forest: a non reweable recurse. 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 amazonía*. 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.
- Hidalgo, W. J. 1982, *Evaluación estructural de un bosque húmedo tropical en Perú, Requena*. Tesis, Ing. For. UNAP. Iquitos, Perú. 172 p.
- 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.

- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA (INIEA). 2003. Informe anual 2003; proyecto efecto del manejo sostenible de los ecosistemas en el incremento de la producción de los bosques naturales. INIEA, DNIF, E. E. A. San Roque. Iquitos, Perú. 18 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.
- Lamprecht, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur oriental del bosque universitario "El Caimital". *Rv. Forestal Venezolana.* 7(10-11) 77-119.
- Lamprecht, H. 1990, *Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido.* Instituto de silvicultura de la universidad de Gottingen – Alemania. Traducido por Antonia Garrido. Gottingen, Alemania. 335 p.
- 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.
- 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 subcaducifolia en Colima, México. *Agrociencia* 40 (1):139-147.31Madera
- Louman, B. 2001, Bases ecológicas. En: Louman Bastiaan, David Quirós Dávila, y Margarita Nilsoon (editores). *Silvicultura de bosques latifoliados con énfasis en América Central*. Turrialba - Costa Rica. Serie técnica. Manual técnico/ Catie; N°46, 265 p.
- Louman, B & Stanley, S. 2002, Análisis e interpretación de resultados de inventarios forestales: En: L. Orosco y C. Brumer (editores). *Inventario forestal para bosques latifoliados en América Central*. Serie Técnica, Manual Técnico N° 50, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 263 p.
- Luna, 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 Yavarí. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Loreto. 49 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. 1982. *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.

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.

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.

Ruokolainen, K & Tuomisto H. 1993. La vegetación de terrenos no inundables (tierra firme) en la selva baja de la Amazonía Peruana En: R. Kalliola, S. Flores (eds.). Amazonía Peruana. Vegetación Humedad tropical en el llano subantino. Proyecto Amazonía, ONER, Universidad de Turku, Finlandia. Pág 139-156.

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.
- 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)

<http://www.siamazonia.org.pe/Archivos/Publicaciones/SPT-TCA-PER-31.pdf>

# **A N E X O**



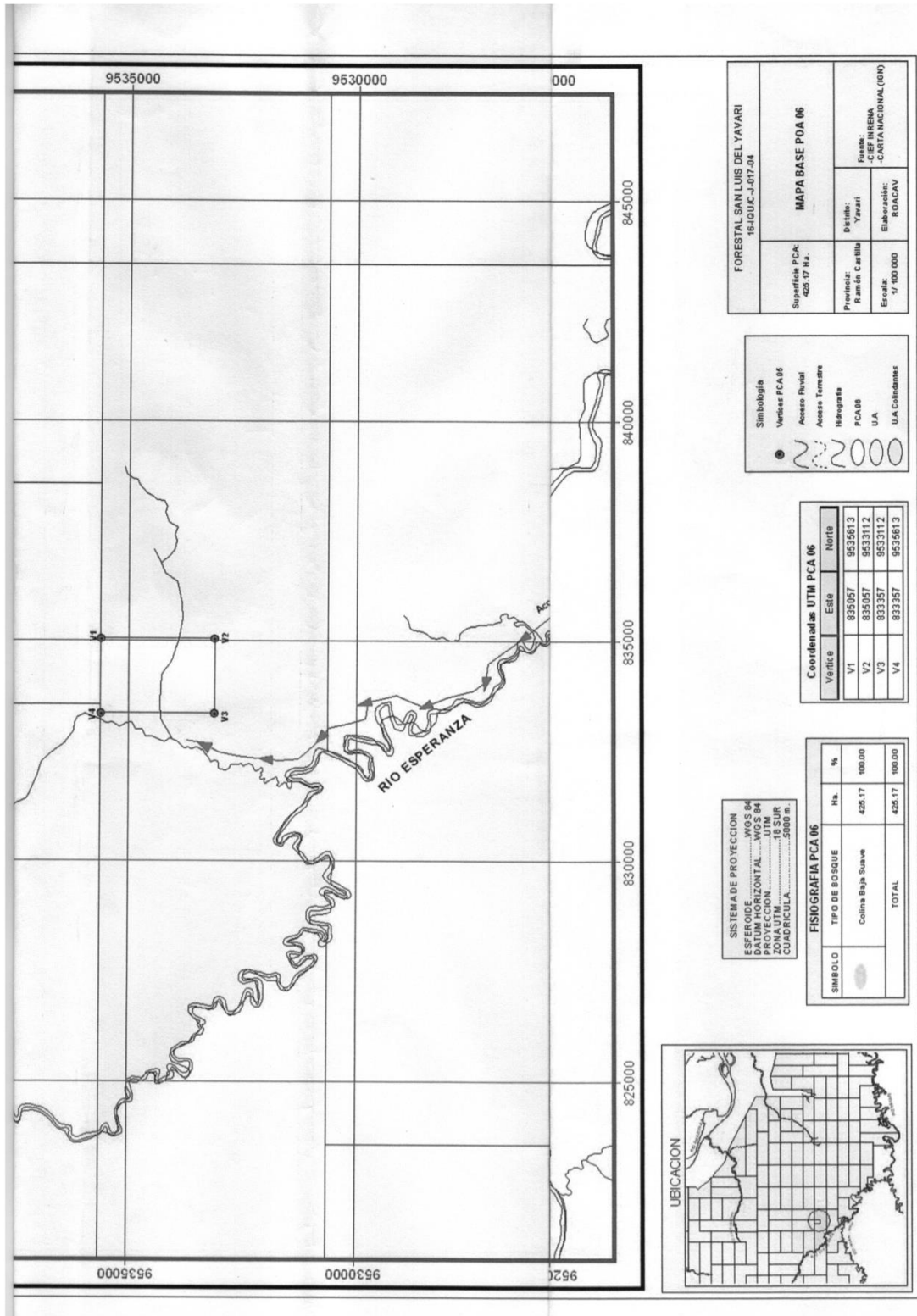
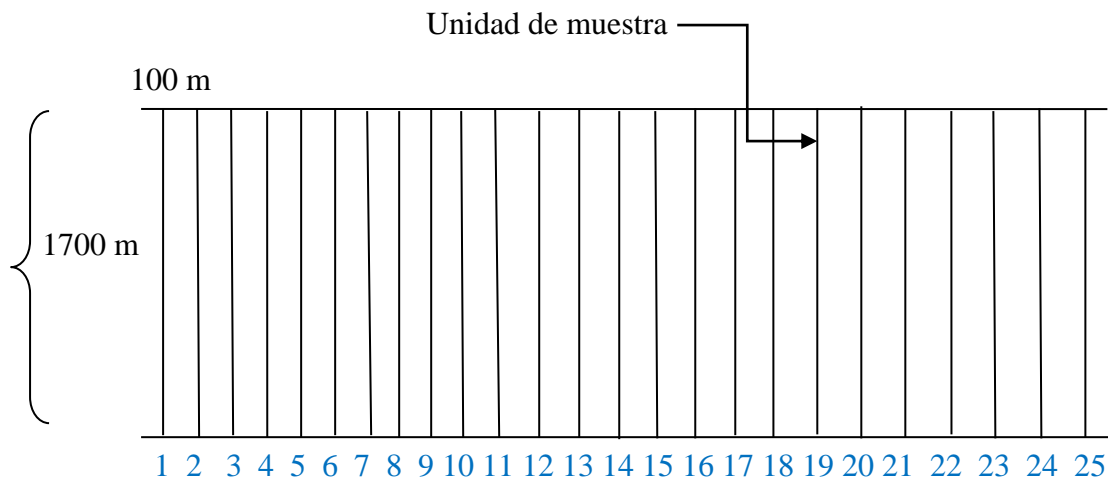


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.



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