



UNAP

**Facultad de
Ciencias Forestales**

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

TESIS

“RELACIÓN DE ALTURA TOTAL Y COMERCIAL CON EL DIÁMETRO DE LOS
ÁRBOLES DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA. DISTRITO YAVARI, LORETO,
PERÚ - 2013”.

Para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales

Autor

JUAN RICARDO RODRIGUEZ PINEDO

Iquitos - Perú

2015



ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 602



Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentada por el Bachiller **JUAN RICARDO RODRIGUEZ PINEDO** titulada: **"RELACION DE ALTURA TOTAL Y COMERCIAL CON EL DIAMETRO DE LOS ARBOLES DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA. DISTRITO YAVARI, LORETO, PERU -2013"** formuladas las observaciones y analizadas las respuestas, lo declaramos:

..... *APROBADO*
..... *BUENO*
..... *APTO*

Con el calificativo de:

En consecuencia queda en condición de ser calificado:

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

Iquitos, 27 de noviembre de 2014

Ing. RICHER RIOS ZUMAETA, Dr.
Presidente

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Miembro

Ing. LUIS ARTURO MACEDO BARDALES, M.Sc.
Miembro

Ing. JORGE LUIS RODRIGUEZ GOMEZ, Dr.
Asesor

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres
y hermanos quienes me brindaron
su apoyo incondicional durante mis
estudios y motivándome siempre a
ser exitoso en la vida.

A Dios por la vida, la salud
y la felicidad de brindarme
una familia unida.

A mis maestros de la Universidad
quienes nunca desistieron
al enseñarme.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y a los profesores de la Facultad de Ciencias Forestales, por haber contribuido en mi formación profesional.

A Dios, por la vida y la salud que me brinda siempre durante mi vida profesional y social.

Y a todas las personas que contribuyeron de una u otra forma con el feliz término del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

N°	Título	Pág.
	Índice	i
	Lista de cuadros	iii
	Lista de figuras	v
	Lista de anexos	vi
	Resumen	vii
	I. INTRODUCCIÓN	1
	II. PROBLEMA	2
	2.1. Descripción del problema	2
	2.2. Definición del problema	3
	III. HIPÓTESIS	4
	3.1. Hipótesis de la investigación	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. Operacionalidad de las variables	6
	VI. REVISIÓN DE LITERATURA	7
	6.1. Antecedentes	7
	6.2. Marco teórico	10
	VII. MARCO CONCEPTUAL	16
	VIII. MATERIALES Y MÉTODO	18
	8.1. Lugar de ejecución	18

N°	Título	Pág.
8.2.	Materiales y equipo	19
8.3.	Método	19
8.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
8.5.	Técnica de presentación de resultados	23
IX.	RESULTADOS	24
9.1.	Composición florística	24
9.2.	Abundancia	24
9.3.	Relación o asociación entre el diámetro y altura de los árboles del bosque de colina baja de la cuenca del río Yavarí	26
9.4.	Relación del diámetro con la altura de los árboles de las 5 especies comerciales más abundantes del bosque en estudio	28
X.	DISCUSIÓN	42
10.1.	Composición florística	42
10.2.	Composición florística	42
10.3.	Relación del diámetro con la altura de los árboles comerciales del bosque de colina baja	45
10.4.	Relación del diámetro con la altura de los árboles comerciales De cinco especies del bosque de colina baja	46
XI.	CONCLUSIONES	48
XII.	RECOMENDACIONES	50
XIII.	BIBLIOGRAFÍA	55
	ANEXO	58

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1	Composición florística de especies comerciales del área de estudio..	24
2	Abundancia por especie y, por clase diamétrica	25
3	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio	26
4	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles del bosque en estudio	27
5	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala”	29
6	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala”	30
7	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo”	31
8	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala aguanillo”	32
9	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “estoraque”	34
10.	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “estoraque”	35
11	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “tahuari”	36
12	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “tahuari”	37

N°	Título	Pág.
13	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tornillo	39
14	Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “tornillo”	40

LISTA DE FIGURAS

N°	Título	Pág.
1	Abundancia de individuos de especies comerciales, por clase diamétrica	25
2	Relación diámetro – altura comercial en un bosque de colina baja	26
3	Relación diámetro – altura total en un bosque de colina baja	28
4	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja	29
5	Relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja	30
6	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo” en un bosque de colina baja	32
7	Relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala aguanillo” en un bosque de colina baja	33
8	Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “estoraque”	34
9	Relación diámetro – altura total para “estoraque”	35
10	Relación diámetro – altura comercial para “tahuari”	37
11	Relación diámetro – altura total para “tahuari”	38
12	Relación diámetro – altura comercial para “tornillo”	39
13	Relación diámetro – altura total para “tornillo”	40

LISTA DE ANEXOS

N°	Título	Pág.
1.	Mapa de ubicación del área de estudio	63
2.	Croquis de distribución de las unidades de muestreo en el área de estudio	64

RESUMEN

El bosque evaluado se ubica en la concesión forestal San Luis del Yaraví 16-iqu/c-j-017-04; políticamente se encuentra en el distrito Yaraví, provincia Ramón Castilla, región Loreto. El objetivo fue obtener información de la relación entre el diámetro y altura de los árboles de especies comerciales de un bosque natural de colina baja. Para la evaluación se utilizaron fajas, distribuidas sistemáticamente, de 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; las familias representativas son Fabaceae y Myristicaceae; la asociación entre diámetro y altura de los árboles para el bosque de colina baja fue regular con coeficiente de correlación $0,0 < r \leq 0,5$; para las especies “cumala”, “cumala aguanillo”, “estoraque”, “tahuari” y “tornillo” en el bosque de colina baja y las ecuaciones que se ajustan son cuadrática, cúbica y exponencial.

Palabras claves: Modelos matemáticos, especies, correlación.

I. INTRODUCCIÓN

El escaso conocimiento sobre la composición florística y dinámica del bosque de la Amazonía 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).

La medición del diámetro y la altura de las plantas se utilizan para estimar, a través del uso de modelos estadísticos estimativos 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).

Por tal razón, en este estudio se evaluó la existencia o no de asociación o relación entre la variable altura y la variable diámetro de los árboles con $d_{ap} > 40$ cm de un bosque de colina baja de la amazonia peruana, esta información permitió conocer el comportamiento de estas variables en las especies comerciales del bosque en estudio, para ser aplicadas en los planes de manejo de las áreas degradadas; así como también para mejorar los bosques aplicando técnicas silviculturales a estas especies.

II. EL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Las principales causas de la degradación del bosque de selva baja están establecidas en parte por la expansión de las fronteras agropecuarias y el aprovechamiento de maderas sin criterio técnico. Como consecuencia de esta última actividad, la extracción selectiva de árboles constituye una de las formas más utilizadas para el aprovechamiento de los recursos forestales que trae como resultado cambios en la composición florística, abundancia y estructura de los bosques.

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.

El empleo de la herramienta estadística 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).

Por la escasa información referente al tema planteado en el presente estudio, se propone obtener nuevos conocimientos de la asociación o relación de las variables altura y diámetro de las especies comerciales de un bosque de colina

baja y, determinar el modelo matemático más eficiente para las variables en estudio, para los planes de manejo.

2.2. Definición del problema

¿Será que existe relación o asociación entre la altura total y/o comercial con el diámetro de los árboles en un bosque de colina baja del distrito del Yaraví, Loreto, Perú-2013?

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis de la investigación

Existe relación o asociación entre la altura total y/o comercial con el diámetro de los árboles en un bosque de colina baja del distrito del Yaraví, Loreto, Perú-2013.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Obtener información de la existencia o no de la relación de la altura total y comercial con el diámetro de los árboles de especies comerciales de un bosque de colina baja del distrito del Yaraví, Loreto, Perú-2013.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar mediante el método de regresión si existe o no relación entre la altura total y altura comercial con el dap. de los árboles de especies comerciales.
- Calificar por el método de correlación la relación entre las variables en estudio.
- Definir mediante el método del coeficiente de determinación la afinidad entre las variables en estudio.
- Buscar una ecuación matemática que más se adapte a la relación altura y diámetro de los árboles de un bosque de colina baja.

V. VARIABLES

5.1. Identificación de variables, indicadores e índices

En este estudio se planteó como variable independiente (X) a la altura de los árboles con mayor de 40 cm de DAP de un bosque de colina baja, siendo los indicadores altura total y altura comercial; como índice tuvimos al metro; como variable dependiente (Y) se consideró al diámetro a la altura del pecho (Dap) de los árboles registrados; el indicador fue la medición del Dap y como índice se tuvo al centímetro.

5.2. Operacionalidad de las variables

Variables	Indicadores	Índices
Independiente (X)		
Altura de los árboles	Altura total	m
	Altura comercial	m
Dependiente (Y)		
Diámetro del árbol	Dap	cm

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

6.1. Antecedentes

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 " χ^2 " 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.

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.

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.

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). Además, es de gran interés, tanto científico como aplicado, extrapolar la dinámica a escala de parcela a la escala de paisaje, que exige ejecutar la simulación para condiciones ambientales heterogéneas. Los modelos de transición permiten simplificar la simulación de la dinámica forestal a esta escala, definiendo cada estado de transición por medio de un tipo de cobertura definido como una combinación de especies (o de grupos funcionales) dominantes y estado sucesional, como se ha hecho en varias aplicaciones del modelo MOSAIC (Acevedo *et al.*, 1995; Delgado, 2000 y Abbott-Wood, 2002).

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 (0,892) y el menor exhibe el bosque húmedo de colina baja (0,852).

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” (1,000) y *Ruptiliocarpon caracolito* “topa

caspi" (1,000) 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 *Viola peruviana* "cumala blanca" con 0,993; asimismo las especies *Couepia bracteosa* "parinari" con 0,963 y *Eschweilera coriacea* "machimango blanco" con 0,967 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

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). Un bosque no es simplemente una cantidad de madera sino una asociación de plantas vivas que puede y debe tratarse como una riqueza renovable (Loja, 2010). 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; 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 (o normal) 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 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 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 interpelaciones. 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 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 y Andrade, 2008).

La alometría es una técnica que 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).

VII. MARCO CONCEPTUAL

Altura comercial: Es la medición del fuste de las especies forestales que tienen valor comercial, o sea el tamaño del fuste limpio (Amaral *et al.*, 1989).

Altura total: Es la medición de la especie forestal de la base hasta el final de la copa del árbol (Amaral *et al.*, 1989).

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).

Diámetro: Es la medición del árbol a la altura del pecho, o sea aproximadamente a 1,30 m del suelo (Pérez, 2001)

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

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, 1973; Caillez, 1980; Husch *et al.* 1982 y Parresol, 1990, citado por Segura y Andrade (2008).

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

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 (Macedo, 2012).

Relación o asociación: Es la afinidad que puede ocurrir entre dos variables de un mismo material de investigación (Beiguelman, 1994)

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Lugar de ejecución

El área de estudio fue de 425 ha y, se encuentra ubicada en los terrenos de la concesión Forestal San Luis del Yavarí 16-IQU/C–J-017-04, las coordenadas geográficas UTM (Zona 18 WGS 84) se presenta a continuación: (Ver Mapa – Anexo 1).

Vertice	Este (E)	Norte (N)
1	835057	9535613
2	835057	9533112
3	833557	9533112
4	833357	9535613

Ubicación política

Políticamente se encuentra en el distrito Yaraví, 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).

Zona de vida

Según la Clasificación de Holdridge (1987), el área de estudio se encuentra en la Zona de Vida “Bosque Húmedo Tropical cuyas características fisonómicas, estructurales y de composición florística, corresponden a precipitaciones mayores a 200 mm mensuales.

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 investigación fue del tipo descriptivo y de nivel básico.

8.3.2. Población y muestra

Para el experimento se tomó en cuenta como población a todos los árboles con dap > 40 cm el 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 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, utilizando parcelas rectangulares de 100 m de ancho por 1700 m de largo (unidad de muestreo), siendo en total 25 unidades de muestreo (Ver croquis en el Anexo 2).

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 1 que se presenta a continuación:

Conc: Cuenca:
 Región: U.M. N° Brigada:
 Jefe Br: Matero: Tipo de Bosque:
 Lat.: Log.: Azimut: Fecha:

N°	FAJA	DF	N°ARBOL	ESPECIE	DAP (cm)	Hc (m)	Calidad De fuste	OBSERVACIÓN
01	1	50	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 inicia 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 (ver Anexo 2).

Nombre de la especie.- Inicialmente se identificó a los árboles por el nombre común, 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 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.

Medición de la altura total.- La altura total de los árboles comprendió desde el nivel del suelo (sin aleta) o al final de la aleta y, el punto máximo encima de la copa, esta medición se efectuó con aproximación al metro. A cada 100 m se realizó la verificación utilizando el clinómetro suunto.

Relación altura total y altura comercial con el diámetro de los árboles.

Se tomó en cuenta el registro de la composición florística, altura total, altura comercial y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada uno de los árboles; así como también a nivel de especies comerciales; se efectuó las siguientes comparaciones, altura total Vs. DAP; Altura comercial Vs.DAP; el análisis fue tanto a nivel de especies comerciales individualmete (algunas especies) y, a nivel general para el tipo de bosque evaluado. Se aplicó la regresión para definir la existencia o no de la relación o asociación entre las dos variables; la correlación

se aplicó para determinar el grado de relación entre las dos variables para lo cual se utilizó la siguiente tabla:

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

y, el coeficiente de determinación fue para demostrar cuanto es la participación de la variable independiente en las variaciones de la variable dependiente (si existiera relación entre ellos) Para determinar el grado de participación de la variable independiente "x" en las variaciones de la variable dependiente "y" se multiplicó el valor del coeficiente de determinación por cien (100) el resultado fue un valor expresado en porcentaje; este valor sirvió para calcular a partir de la suma de cuadrados de "y" la acreditación a la variable "x" de las variaciones que se producen en "y", la diferencia se ²³ e a la intervención de otras variables diferentes a "x".

Los modelos matemáticos considerados para el presente estudio fueron:

Nº	MODELOS MATEMÁTICOS	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	$Y = e^{(b_0 + (b_1 / t))}$
9	CRECIMIENTO	$Y = e^{(b_0 + (b_1 \times t))}$
10	EXPONENCIAL	$Y = b_0 \times (e^{(b_1 \times t)})$
11	LOGISTICA	$Y = 1 / (1/u + b_0 (b_1^t))$

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)

El procesamiento de datos se efectuó utilizando el software SPSS 19.

8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para determinar la relación o no entre las variables en estudio mediante la aplicación de la regresión, correlación y coeficiente de determinación se registró el diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles comerciales mayores de 40 cm de DAP que fueron medidos con el calibrador forestal (forcípula). La altura comercial (HC) y la total (HT) se estimaron visualmente. La identificación dendrológica se realizó ²⁴ con la ayuda de un matero con experiencia quien proporcionó el nombre común de las especies forestales comerciales.

8.5. Técnica de presentación de resultados

La presentación de los resultados finales se realizó a través de cuadros y figuras. En los cuadros se expone la composición florística, número de árboles por especies y por clase diamétrica y, los modelos alométricos de la relación diámetro y altura de los árboles del bosque de colina baja; mientras que en las figuras se presenta la abundancia de individuos por clase diamétrica y, las diferentes tendencias de la relación entre las variables estudiadas.

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.

N°	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</i> sp	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</i> sp	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 que son siete (7) presentaron una sola especie comercial cada una.

9.2. Abundancia

El número de individuos de cada especie comercial, por clase diamétrica, se muestra en el cuadro 2.

En el cuadro 2 se indica la cantidad de 945 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), de las siguientes clases diamétricas: I (40<50) 17 individuos; II (50<60) 186 individuos; III (60<70) 253 individuos; IV (70<80) 214 individuos; V (80<90) 132 individuos; VI (>90) 143 individuos. Para tener una mejor idea se presenta la figura 1.

Cuadro 2. Abundancia por especie y por clase diamétrica.

N°	Nombre común	Clases diamétricas						Total
		40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	> 90	
1	Azucar Huayo	-	4	8	20	13	2	47
2	Cedro	-	-	15	14	5	12	46
3	Cumala	9	54	74	55	28	33	253
4	Cumala aguanillo	3	67	72	45	16	21	224
5	Estoraque	4	20	23	29	4	1	81
6	Lupuna	-	-	2	-	-	25	27
7	Marupa	-	14	12	12	8	5	51
8	Moena	-	2	12	9	11	4	38
9	Palisangre	-	2	3	2	7	15	29
10	Tahuari	1	23	12	19	18	4	77
11	Tornillo	-	-	20	9	22	21	72
Total:		17	186	253	214	132	143	945

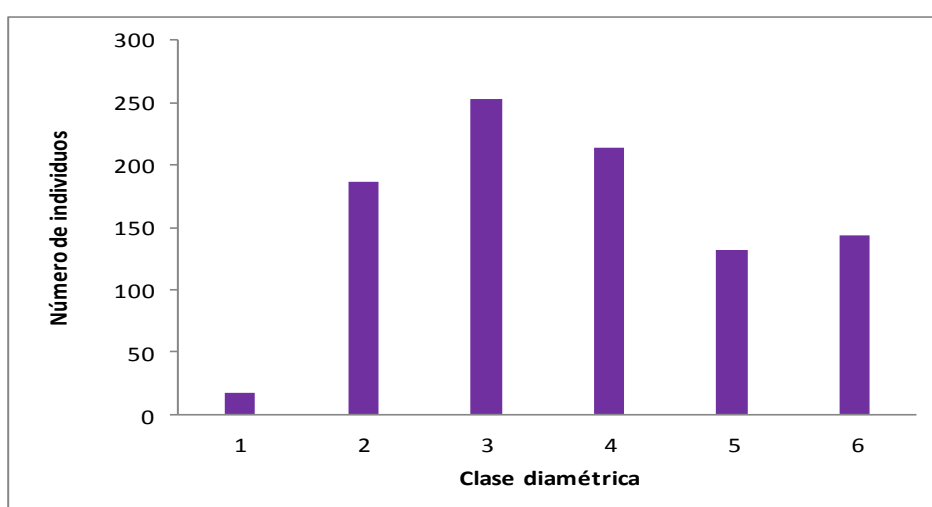


Figura 1. Abundancia de individuos de especies comerciales, por clase diamétrica.

9.3. Relación o asociación entre el diámetro y altura de los árboles del bosque de colina baja de la cuenca del río Yavarí.

Relación del diámetro con la altura comercial de los árboles del bosque en estudio.

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

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Logarítmica	,023	19,376	1	820	,000	-33,653	37,943	1,909	,036
Inversa	,019	15,923	1	820	,000	108,357	-586,742	,000	
Cuadrático	,083	36,998	2	819	,000	599,651	-63,537		
Cúbico	,080	35,788	2	819	,000	403,141	-29,901		
Compuesto	,026	21,925	1	820	,000	41,909	1,033		
Potencia	,022	18,457	1	820	,000	17,246	,506		
S	,018	15,110	1	820	,000	4,740	-7,808		
Crecimiento	,026	21,925	1	820	,000	3,735	,032		
Exponencial	,026	21,925	1	820	,000	41,909	,032		
Logística	,026	21,925	1	820	,000	,024	,968		

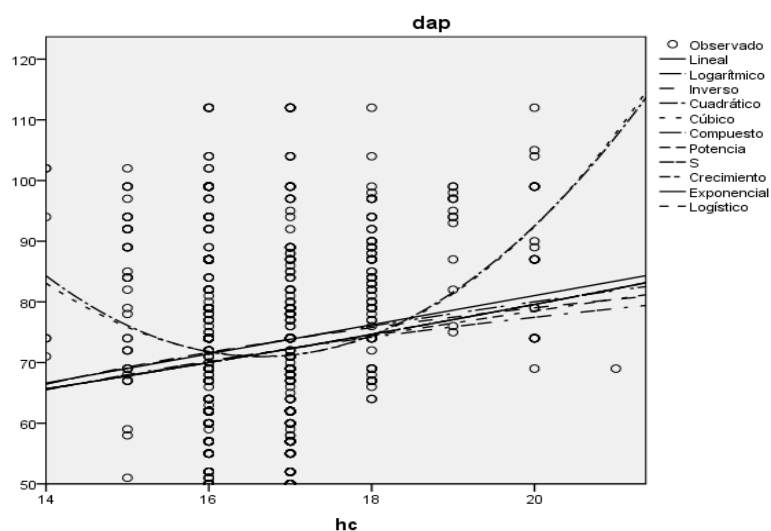


Figura 2. Relación diámetro – altura comercial en un bosque de colina baja.

De los modelos matemáticas aplicadas a la relación diámetro a la altura del pecho y altura comercial de los árboles registrados en el bosque de colina baja, los resultados indican que de las ecuaciones evaluadas la que más se ajusta a ésta relación es la del modelo cuadrática 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.

Así como también, se presenta en la figura 2 la tendencia cuadrática de la relación diámetro y altura comercial en el bosque de colina baja de la cuenca del Yavari.

Relación del diámetro con la altura total de los árboles del bosque en estudio.

Cuadro 4. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles del bosque en estudio.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,048	41,599	1	820	,000	35,343	1,832		
Logarítmica	,042	35,702	1	820	,000	-31,176	34,501		
Inversa	,035	30,119	1	820	,000	104,070	-633,825		
Cuadrático	,089	40,208	2	819	,000	266,019	-20,813	,551	
Cúbico	,091	41,102	2	819	,000	128,300	,000	-,485	,017
Compuesto	,049	42,210	1	820	,000	42,600	1,026		
Potencia	,042	36,258	1	820	,000	17,059	,475		
S	,036	30,595	1	820	,000	4,697	-8,719		
Crecimiento	,049	42,210	1	820	,000	3,752	,025		
Exponencial	,049	42,210	1	820	,000	42,600	,025		
Logística	,049	42,210	1	820	,000	,023	,975		

De los modelos matemáticas aplicadas a la relación diámetro a la altura del pecho y altura total de los árboles registrados en el bosque de colina baja, los resultados

indican que de las ecuaciones evaluadas la que más se ajusta a ésta relación es la del modelo cúbico donde se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,302$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,091$ se presenta en el cuadro 4.

Así mismo, se muestra en la figura 3 la tendencia cúbica de la relación diámetro y altura comercial en el bosque de colina baja de la cuenca del Yavarí.

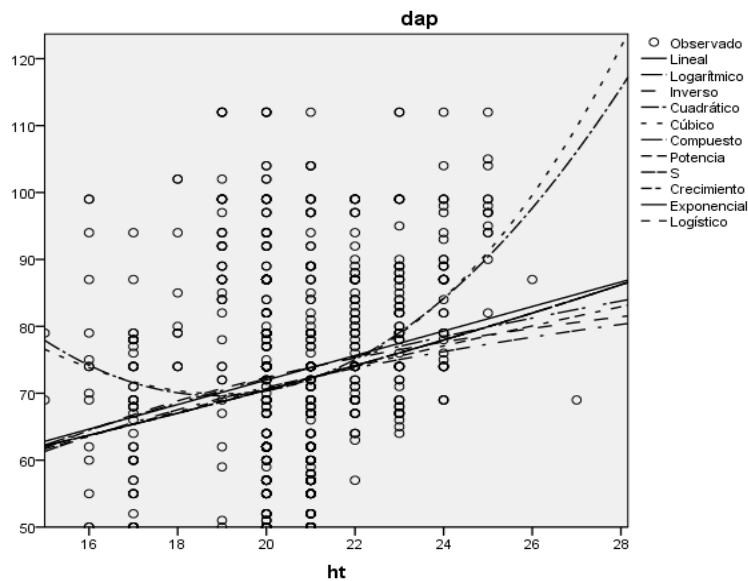


Figura 3. Relación diámetro – altura total en un bosque de colina baja.

9.4 Relación del diámetro con la altura de los árboles de las 5 especies comerciales más abundantes del bosque en estudio.

Relación del diámetro con la altura comercial de los árboles de la especie “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 cuadrático en el cual se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,327$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,107$.

Además, se muestra 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 para la especie “cumala”.

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

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,007	1,470	1	223	,227	54,484	1,048		
Logarítmica	,004	,858	1	223	,355	33,242	13,752		
Inversa	,002	,392	1	223	,532	81,364	-		
Cuadrático	,107	13,251	2	222	,000	675,860	-71,301	2,092	
Cúbico	,104	12,881	2	222	,000	470,005	-35,251	,000	,040
Compuesto	,008	1,695	1	223	,194	54,480	1,016		
Potencia	,005	1,034	1	223	,310	39,277	,208		
S	,002	,517	1	223	,473	4,405	-2,500		
Crecimiento	,008	1,695	1	223	,194	3,998	,016		
Exponencial	,008	1,695	1	223	,194	54,480	,016		
Logística	,008	1,695	1	223	,194	,018	,985		

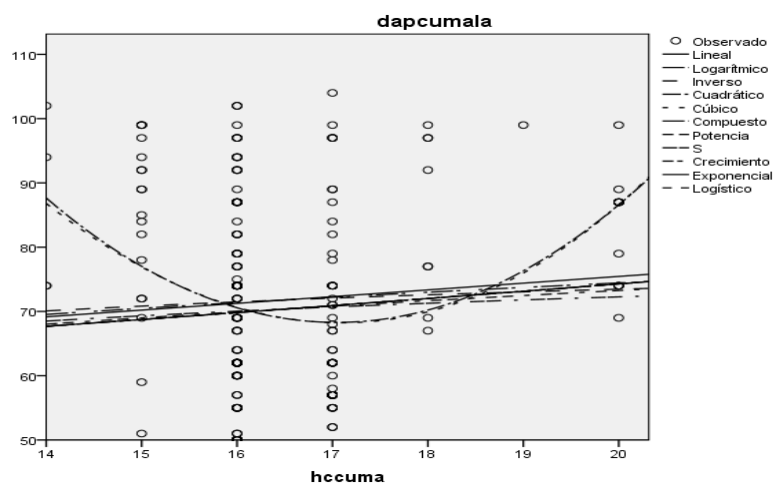


Figura 4. Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja.

Relación del diámetro con la altura total de los árboles de la especie “cumala”.

De los modelos matemáticas aplicadas a la relación diámetro a la altura del pecho y altura total de los árboles de la especie “cumala”, los resultados indican que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cuadrático** donde se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,327$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,107$ se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,007	1,470	1	223	,227	50,291	1,048		
Logarítmica	,004	,966	1	223	,327	17,390	18,012		
Inversa	,002	,553	1	223	,458	85,792	-287,013		
Cuadrático	,107	13,251	2	222	,000	994,534	-88,036	2,092	
Cúbico	,104	12,952	2	222	,000	680,889	-43,582	,000	,033
Compuesto	,008	1,695	1	223	,194	51,204	1,016		
Potencia	,005	1,152	1	223	,284	31,041	,271		
S	,003	,698	1	223	,404	4,471	-4,443		
Crecimiento	,008	1,695	1	223	,194	3,936	,016		
Exponencial	,008	1,695	1	223	,194	51,204	,016		
Logística	,008	1,695	1	223	,194	,020	,985		

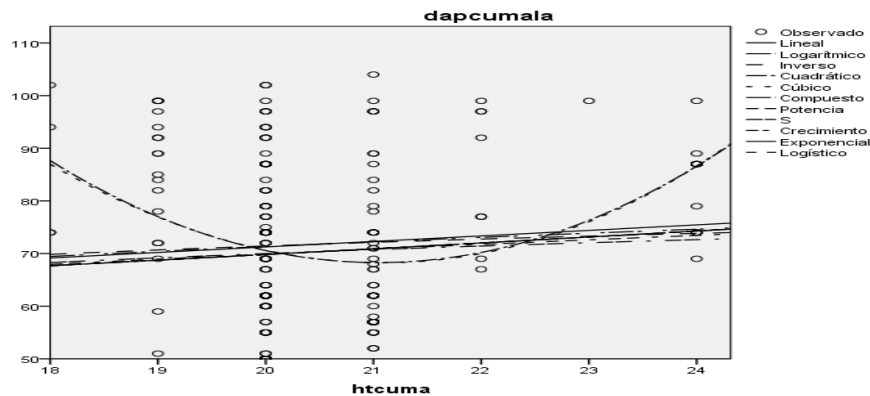


Figura 5. Relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala” en un bosque de colina baja.

Además, se muestra en la figura 5 la tendencia cuadrática de la relación diámetro y altura total para la especie “cumala” en el área de estudio.

Relación del diámetro con la altura comercial de los árboles de la especie “cumala aguanillo”.

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 aguanillo” en un bosque de colina baja muestran en el cuadro 7 que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo cuadrático y/o cúbico en los cuales se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,430$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,185$.

Cuadro 7. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,050	10,550	1	199	,001	135,852	-4,139		
Logarítmica	,060	12,613	1	199	,000	279,294	-75,568		
Inversa	,069	14,737	1	199	,000	-14,723	1353,73 1		
Cuadrático	,185	22,497	2	198	,000	1152,095	-124,819	3,573	
Cúbico	,185	22,497	2	198	,000	1152,095	-124,819	3,573	,000
Compuesto	,052	10,970	1	199	,001	176,776	,942		
Potencia	,061	13,039	1	199	,000	1379,232	-1,084		
S	,071	15,149	1	199	,000	3,016	19,362		
Crecimiento	,052	10,970	1	199	,001	5,175	-,060		
Exponencial	,052	10,970	1	199	,001	176,776	-,060		
Logística	,052	10,970	1	199	,001	,006	1,061		

Para mejor comprensión de la tendencia cuadrática o cúbica de la relación diámetro y altura comercial para la especie “cumala aguanillo” en el área de estudio se presenta la figura 6.

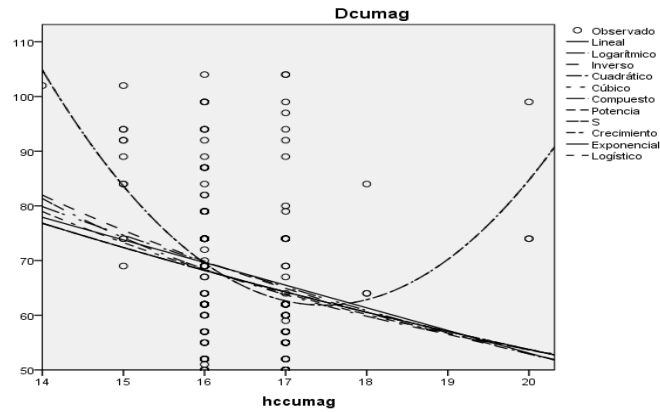


Figura 6. Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “cumala aguanillo” en un bosque de colina baja.

Relación del diámetro con la altura total de los árboles de la especie “cumala aguanillo”.

Cuadro 8. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala aguanillo”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl 1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,081	17,605	1	199	,000	145,655	-3,830		
Logarítmica	,086	18,650	1	199	,000	297,250	-76,217		
Inversa	,088	19,160	1	199	,000	-4,826	1471,961		
Cuadrático	,100	11,054	2	198	,000	381,137	-27,927	,614	
Cúbico	,104	11,544	2	198	,000	319,014	-17,095	,000	,011
Compuesto	,082	17,710	1	199	,000	200,008	,947		
Potencia	,086	18,697	1	199	,000	1702,092	-1,077		
S	,088	19,148	1	199	,000	3,171	20,778		
Crecimiento	,082	17,710	1	199	,000	5,298	-,054		
Exponencial	,082	17,710	1	199	,000	200,008	-,054		
Logística	,082	17,710	1	199	,000	,005	1,056		

De los modelos matemáticas aplicadas a la relación diámetro a la altura del pecho y altura total de los árboles de la especie “cumala aguanillo” registrados en el área evaluada, los resultados muestran que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cúbico** donde se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,322$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,104$ ver cuadro 8.

Para mejor comprensión de la tendencia cúbica que presenta la relación diámetro y altura total para la especie “cumala aguanillo” en el área de estudio se tiene la figura 7.

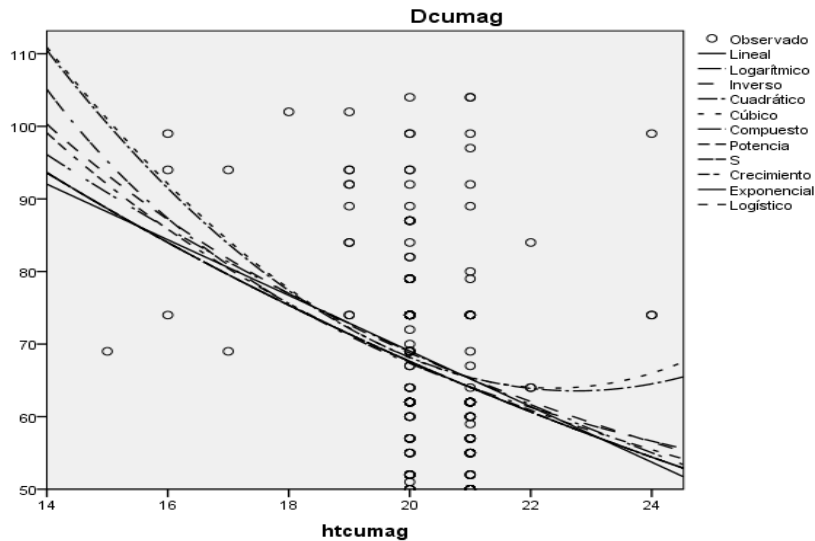


Figura 7. Relación diámetro – altura total de los árboles de “cumala aguanillo” en un bosque de colina baja.

Relación del diámetro con la altura comercial de los árboles de la especie “estoraque”.

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 “estoraque” en un bosque de colina baja que se muestran en el cuadro 9, la ecuación que más se

ajusta a ésta relación es la del modelo **cuadrático** donde se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,232$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,054$.

Cuadro 9. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “estoraque”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,019	1,348	1	69	,250	35,731	1,875		
Logarítmica	,016	1,153	1	69	,287	-18,844	30,525		
Inversa	,014	,958	1	69	,331	96,285	-486,486		
Cuadrático	,054	1,949	2	68	,150	478,760	-48,405	1,421	
Cúbico	,052	1,882	2	68	,160	326,592	-22,875	,000	,026
Compuesto	,022	1,587	1	69	,212	39,556	1,031		
Potencia	,020	1,383	1	69	,244	15,963	,505		
S	,017	1,176	1	69	,282	4,680	-8,138		
Crecimiento	,022	1,587	1	69	,212	3,678	,031		
Exponencial	,022	1,587	1	69	,212	39,556	,031		
Logística	,022	1,587	1	69	,212	,025	,970		

En la figura 8 se muestra la tendencia de la relación diámetro – altura comercial para la especie “estoraque”.

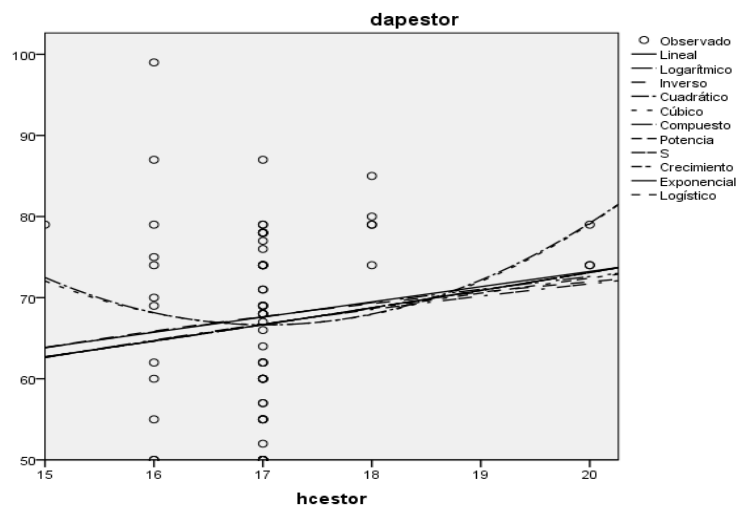


Figura 8. Relación diámetro – altura comercial de los árboles de “estoraque”.

Relación del diámetro con la altura total de los árboles de la especie “estoraque”.

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 “estoraque” en el área de estudio se muestran en el cuadro 10, la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cuadrático** donde se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,232$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,054$.

Cuadro 10. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “estoraque”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,019	1,348	1	69	,250	35,731	1,875		
Logarítmica	,016	1,153	1	69	,287	-18,844	30,525		
Inversa	,014	,958	1	69	,331	96,285	-486,486		
Cuadrático	,054	1,949	2	68	,150	478,760	-48,405	1,421	
Cúbico	,052	1,882	2	68	,160	326,592	-22,875	,000	,026
Compuesto	,022	1,587	1	69	,212	39,556	1,031		
Potencia	,020	1,383	1	69	,244	15,963	,505		
S	,017	1,176	1	69	,282	4,680	-8,138		
Crecimiento	,022	1,587	1	69	,212	3,678	,031		
Exponencial	,022	1,587	1	69	,212	39,556	,031		
Logística	,022	1,587	1	69	,212	,025	,970		

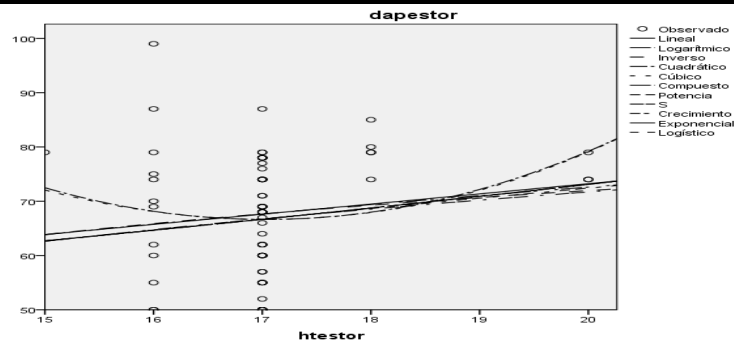


Figura 9. Relación diámetro – altura total para “estoraque”.

Así mismo, en la figura 9 se presenta la tendencia de la relación diámetro – altura total para la especie “estoraque” en el área de estudio.

Relación del diámetro con la 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” presentan en el cuadro 11 las ecuaciones evaluadas, dentro de ellas las que más se ajustan a ésta relación son la **cuadrático y la cúbica** en donde se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,555$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,308$.

Cuadro 11. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “tahuari”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,282	26,359	1	67	,000	-103,308	10,378		
Logarítmica	,279	25,928	1	67	,000	-420,965	174,445		
Inversa	,276	25,484	1	67	,000	245,606	-2927,008		
Cuadrático	,308	14,721	2	66	,000	1302,619	-156,026	4,914	
Cúbico	,308	14,721	2	66	,000	420,511	,000	-4,275	,180
Compuesto	,263	23,914	1	67	,000	5,837	1,159		
Potencia	,260	23,546	1	67	,000	,064	2,479		
S	,257	23,165	1	67	,000	6,722	-41,597		
Crecimiento	,263	23,914	1	67	,000	1,764	,147		
Exponencia	,263	23,914	1	67	,000	5,837	,147		
Logística	,263	23,914	1	67	,000	,171	,863		

Así mismo, en la figura 10 se presenta la tendencia de la relación diámetro – altura comercial para la especie “tahuari” en el área de estudio.

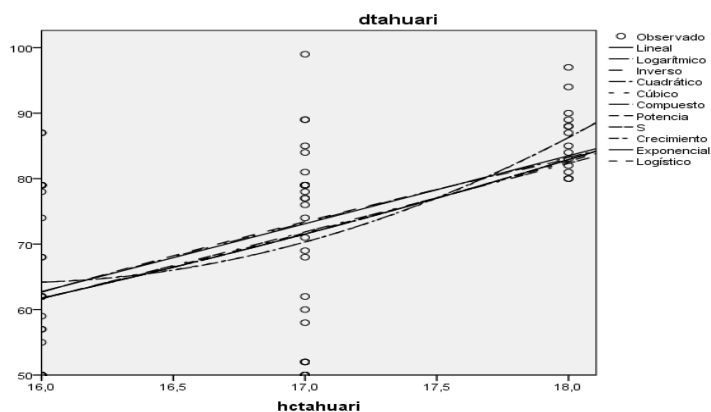


Figura 10. Relación diámetro – altura comercial para “tahuari”.

Relación del diámetro con la altura total de los árboles de la especie “tahuari”.

Cuadro 12. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “tahuari”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,282	26,359	1	67	,000	-144,820	10,378		
Logarítmica	,280	26,012	1	67	,000	-584,385	216,004		
Inversa	,277	25,655	1	67	,000	287,208	-		
Cuadrático	,308	14,721	2	66	,000	2005,349	-195,339	4,914	
Cúbico	,308	14,721	2	66	,000	640,047	,000	-4,395	,148
Compuesto	,263	23,914	1	67	,000	3,236	1,159		
Potencia	,261	23,617	1	67	,000	,006	3,069		
S	,258	23,312	1	67	,000	7,313	-63,812		
Crecimiento	,263	23,914	1	67	,000	1,174	,147		
Exponencial	,263	23,914	1	67	,000	3,236	,147		
Logística	,263	23,914	1	67	,000	,309	,863		

La evaluación de la relación de las variables diámetro y altura total para los árboles de “tahuari” se realizaron utilizando once modelos matemáticos, de los cuales la ecuación de dos de ellos se ajustan a ésta relación la cuadrático y la cúbica en quienes se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,555$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,308$.

Así mismo, la figura 11 muestra la tendencia de la relación diámetro – altura total para la especie “tahuari”, considerando todas las ecuaciones.

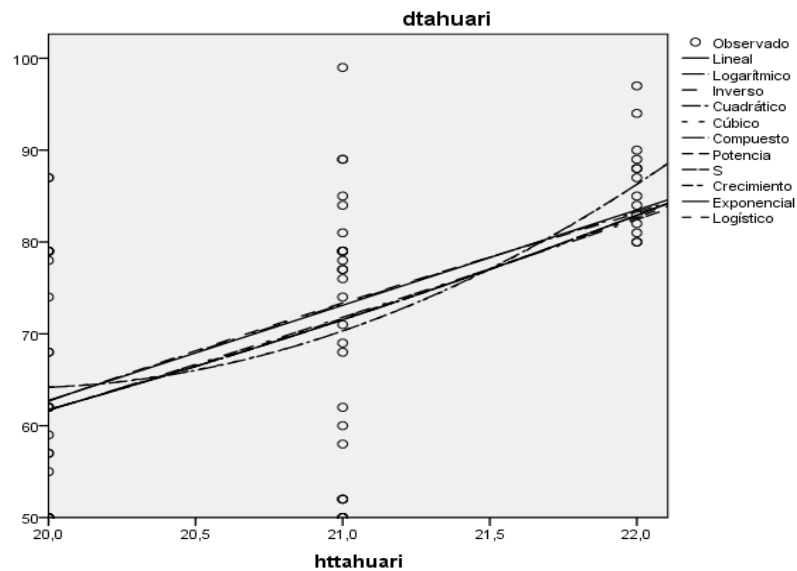


Figura 11. Relación diámetro – altura total para “tahuari”.

Relación del diámetro con la altura comercial de los árboles de la especie “tornillo”.

Los modelos matemáticos aplicados 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 13 que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la ecuación exponencial en la cual se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,387$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,150$.

Cuadro 13. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura comercial de los árboles de “tornillo”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,140	10,088	1	62	,002	8,192	4,423		
Logarítmica	,139	10,050	1	62	,002	-133,644	76,651		
Inversa	,138	9,961	1	62	,002	161,290	-1319,659		
Cuadrático	,140	4,963	2	61	,010	10,604	4,145	,008	
Cúbico	,140	4,963	2	61	,010	1,025	5,043	,000	-,001
Compuesto	,150	10,966	1	62	,002	32,233	1,057		
Potencia	,150	10,914	1	62	,002	5,487	,957		
S	,148	10,806	1	62	,002	5,384	-16,470		
Crecimiento	,150	10,966	1	62	,002	3,473	,055		
Exponencia	,150	10,966	1	62	,002	32,233	,055		
Logística	,150	10,966	1	62	,002	,031	,946		

También, en la figura 12 se muestra la tendencia de la relación diámetro – altura comercial para la especie “tornillo”.

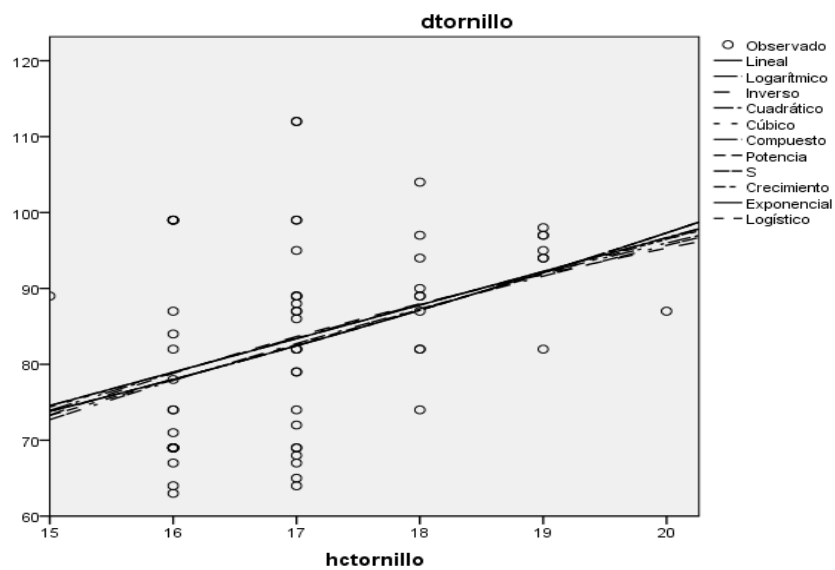


Figura 12. Relación diámetro – altura comercial para “tornillo”.

Relación del diámetro con la altura total 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 total de los árboles de la especie “tornillo” en un bosque de colina baja muestran en el cuadro 14 que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la ecuación exponencial en la cual se observa el mayor coeficiente de correlación $r = 0,387$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,150$.

Cuadro 14. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro – altura total de los árboles de “tornillo”.

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,140	10,088	1	62	,002	-18,348	4,423		
Logarítmica	,140	10,066	1	62	,002	-240,388	103,294		
Inversa	,139	10,017	1	62	,002	188,091	-2403,494		
Cuadrático	,140	4,963	2	61	,010	-13,981	4,050	,008	
Cúbico	,140	4,963	2	61	,010	-27,264	4,996	,000	,000
Compuesto	,150	10,966	1	62	,002	23,138	1,057		
Potencia	,150	10,935	1	62	,002	1,447	1,290		
S	,149	10,873	1	62	,002	5,719	-30,003		
Crecimiento	,150	10,966	1	62	,002	3,141	,055		
Exponencial	,150	10,966	1	62	,002	23,138	,055		
Logística	,150	10,966	1	62	,002	,043	,946		

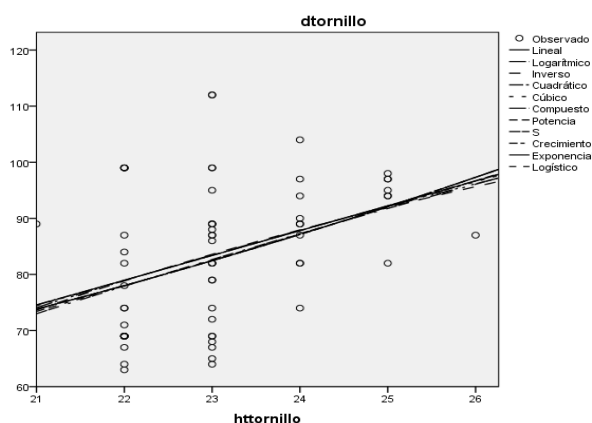


Figura 13. Relación diámetro – altura total para “tornillo”.

Así mismo, en la figura 13 se presenta la tendencia de la relación diámetro – altura total para la especie “tornillo” en el área de estudio.

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.

Paima (2010), en un bosque de terraza baja, en el distrito del Tigre para árboles \geq 40 cm de dap, registró como composición florística 15 especies comerciales distribuidas en 11 familias botánicas; las familias más importantes para este bosque fueron: Las Fabaceas con el 27,27 % de especies, seguida de las Lauraceas y Lecythidaceas con el 18,18 % de especies; este grupo de familias representan el 63,63 % de especies inventariadas. En un inventario forestal Luna (2013), en un bosque de colina baja en el distrito del Yavari, registró a la familia Myristicaceae con el mayor número de especies (2) con predominio del genero *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;

Diaz (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).

florística con los estudios mencio Comparando los resultados del presente estudio referente a la composición nados, 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

Son, “cumala” con Las especies comerciales que tienen mayor presencia en el bosque de colina baja 253 individuos, “cumala aguanillo” con 224 individuos, “estoraque” con 81 individuos y “tahuari” con 77 individuos; los individuos de las cuatro especies se encuentran distribuidas en las seis clases diamétricas, o sea

en el 100% de clases diámétricas del estudio, lo cual indica que estas especies presentan buena dinámica de crecimiento. A nivel general se puede mencionar que este bosque tiene una distribución normal de los árboles, considerando que son árboles comerciales y $>$ de 40 cm de Dap, los resultados muestran que en la clase 3 (60 < 70) existió la mayor cantidad de individuos con 253, teniendo a continuación a la clase 4 (70 < 80) con 214 individuos, seguidamente se encontró la clase 2 (50 < 60) con 186 individuos y, finalmente dentro de las mayores cantidades de individuos se tuvo a la clase 6 ($>$ 90) con 143 árboles; es importante indicar que el número de individuos en este bosque fue de 2 por ha para las especies comerciales. Trabajos realizados en la amazonia peruana muestran los siguientes resultados, Ramírez (2013), para el mismo tipo de bosque indica que el mayor número de árboles se concentra en la tercera clase diamétrica (60-70) y cuarta clase diamétrica (70-80), representando el 34,71% y 27,50% respectivamente del total de individuos; Luna (2013), indica que el mayor número de árboles se agrupa en la tercera clase diamétrica (60-70 cm) con 0,345 árboles/ha, el mismo que asciende al 34,23% del total y el menor se presenta en la clase diamétrica siete (100 a 110 cm) con 0,021 árboles/ha (2,08%), los cuales concuerdan con los resultados del presente estudio. La diversidad disminuye luego de una perturbación severa, pero aumenta en el transcurso del tiempo (Denslow, 1980 citado por Luna, 2013). Así mismo, 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 del diámetro con la altura de los árboles comerciales del bosque de colina baja

En los cuadros 2 y 3 de los resultados se reporta las ecuaciones matemáticas que sirvieron para evaluar la relación diámetro – altura de los árboles de las especies comerciales del tipo de bosque colina baja; para el caso de la relación diámetro – altura comercial la ecuación que se ajusta es la cuadrática, con coeficiente de correlación $r = 0,288$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,083$, el cual indica que 8,29% de la variabilidad de ambas variables es común y el 91,71% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales se atribuye a otros factores diferentes a la altura comercial; referente a la relación diámetro – altura total para los árboles comerciales para este tipo de bosque la ecuación que más se ajusta fue la cúbica, con coeficiente de correlación $r = 0,302$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,091$, el cual indica que 9,12% de la variabilidad de ambas variables es común y el 90,88% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales se atribuye a otros factores diferentes a la altura total; Burga (1993) determinó para tres tipos de bosque terraza, varillal y aluvial que la distribución diamétrica total y por especie se ajustó el modelo matemático del tipo exponencial, es decir mayor concentración de árboles en las clases diamétricas inferiores.

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. Husch (1963) y Harrison (1951) mencionado por Burga (1993), mencionan 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 esta variable (dap) es utilizado 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.

10.4. Relación del diámetro con la altura de los árboles comerciales de cinco especies del bosque de colina baja

En los cuadros del 4 al 13 de los resultados se reporta las ecuaciones matemáticas que sirvieron para evaluar la relación diámetro – altura de los árboles de cinco especies comerciales más abundantes del tipo de bosque colina baja; en la relación diámetro – altura comercial la ecuación que se ajusta es la cuadrática para las especies “cumala” y “estoraque” con coeficiente de correlación ($r_1 = 0,327$ y $r_2 = 0,232$;) y el coeficiente de determinación ($R^2_1 = 0,107$ y $R^2_2 = 0,054$), estos resultados indican que 32,71% (“cumala”) y 23,24% (“estoraque”) de la variabilidad es común en ambas variables y, el 67,29% y 76,76% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales de “cumala” y “estoraque”, respectivamente, se atribuye a otros factores diferentes a su altura comercial; en esta misma relación las ecuaciones que se ajustan para las especies “cumala aguanillo” y “tahuari” es la cuadrática o cúbica, con coeficiente de correlación ($r_1 = 0,430$ y $r_2 = 0,555$;) y el coeficiente de determinación ($R^2_1 = 0,185$ y $R^2_2 = 0,308$), estos resultados indican que 43,01% (“cumala aguanillo”) y 55,50% (“tahuari”) de la variabilidad es común en ambas variables y, respectivamente, 56,99% y 44,50% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales de “cumala aguanillo” y “tahuari” se atribuye a otros factores diferentes a su altura total.

Para el caso de la relación diámetro – altura total se observó que para las especies “cumala” y “estoraque” la ecuación que tiene mayor ajuste es la cuadrática, mientras que para la especie “tahuari” fueron las ecuaciones cuadrática y cúbica, sin embargo para “cumala aguanillo” la ecuación que se ajusta es la cúbica en esta relación.

La especie “tornillo” es la única que presentó a la ecuación exponencial como la que se ajusta a ambas relaciones, o sea, diámetro – altura comercial y diámetro – altura total, con coeficiente de correlación $r = 0,387$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,150$, estos resultados indican que 38,73% de la variabilidad es común en ambas variables y, 61,27% de los cambios producidos en el diámetro de los árboles comerciales de “tornillo” se atribuye a otros factores diferentes a su altura.

En general, en las cinco especies comerciales para el bosque de colina baja se identificaron las ecuaciones cuadrática, cúbica y exponencial en las relaciones diámetro – altura comercial y diámetro – altura total, concordando con lo mencionado por Villacorta (2012) que 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; 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; así mismo Henry y Aarssen (1999) manifiestan que la relación diámetro – altura de los árboles ha sido también empleada para demostrar que el diámetro se incrementa a una tasa más rápida que la altura durante el crecimiento.

XI. CONCLUSIONES

1. En el área de estudio se han registrado en total 11 especies de valor comercial, las cuales se distribuyen en 09 familias botánicas.
2. El mayor número de especies están 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; los individuos de las cuatro especies se encuentran distribuidas en el 100% de clases diámétricas del estudio.
4. La relación diámetro – altura comercial de los árboles del bosque en estudio se ajustó al modelo de distribución de tipo cuadrático, con un coeficiente de determinación de 0,083 es decir 28,81% de variaciones es de ambas variables.
5. La relación diámetro – altura total de los árboles del bosque en estudio se ajustó al modelo de distribución de tipo cúbico, con un coeficiente de determinación de 0,302 es decir 54,95% de variaciones es de ambas variables.
6. La asociación entre diámetro – altura de los árboles de las especie comerciales del bosque en estudio fue regular con coeficiente de correlación $0,0 < r \leq 0,50$.
7. La relación o asociación entre diámetro – altura de los árboles de las especies “cumala”, “cumala aguanillo”, “estoraque” y “tornillo” fue regular con coeficiente de correlación $0,0 < r \leq 0,50$.

8. La relación o asociación entre diámetro – altura de los árboles de la especie “tahuari” fue buena con coeficiente de correlación $r = 0,6$.
9. En la relación o asociación diámetro – altura de los árboles de las especies “cumala”, “cumala aguanillo”, “estoraque”, “tahuari” y “tornillo” en el bosque de colina baja las ecuaciones definidas fueron, cuadrática, cúbica y exponencial.
10. 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 variables, de las diferentes especies forestales, con la finalidad de realizar comparaciones.
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, silvicultura y aprovechamiento forestal.
3. Ensayar con otros modelos matemáticos para definir el ajuste de aquellas especies que no presentan alta asociación.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Amaral, P; Verissimo, A.; Barreto, P. y E. Vidal. 1998. Bosques para Siempre. Manual para la producción de madera en la Amazonía. IMAZÓN. Brasil. 161 p.
- Abbott-Wood, C. 2002. Landscape forest modeling of the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Tesis. University of North Texas. Denton, Texas, EEUU. 158 p.
- 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. P. 219-227
- Acevedo, M. F.; D. L. Urban. Y M. Ablan. 1995. Transition and gap models of forest dynamics. Ecol. Applic. P. 5: 1040-1055
- 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
- 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. Tesis (Ingeniería Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos-Perú. 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 p.
- 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.
- 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 amazonia (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. H. 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 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
- Holdridge, L. 1987. *Ecología basada en zona de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Tercera reimpresión. San José. Costa Rica. 216 p.
- Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana. 2009. Programa de cambio climático, desarrollo territorial y ambiente: zonificación ecológica y económica de Loreto - informe preliminar de fisiografía. Iquitos, Perú. 59 p.
- Israel, P, G. 2004. *Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo*. Costa Rica. Ediciones wwf Centroamérica 49 p.
- King, D. A. 1990. Allometry of saplings and understory trees of a Panamanian forest. *Functional Ecol.* 4: 27-32
- 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. 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,. Tesis (Ingeniería Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos. Loreto, Perú 54 p.
- López, A. J .L.; Valdez, J. I. ; 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
- 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.
- 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. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú. 49 p.
- Malleux, J. 1982. Inventario forestal en bosques tropicales. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 414 p.
- Martinez, V. J. M. 2010. Caracterización de la estructura horizontal en un bosque húmedo de colina baja entre los distritos de Villa Jenaro Herrera y Yaquerana. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Loreto –Perú. 103 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 Ingeniería 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.
- Paima, R. G. 2010. Evaluación del potencial maderero, con fines de manejo, en la Concesión Forestal Agrícola y Servicios el Tigre S.R.L. Cuenca del Nahuapa, Distrito del Tigre, Provincia de Loreto. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Loreto – Perú. 89 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.
- Ramirez, L. E. 2013. Contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en la localidad de esperanza, río Yavari.. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Loreto, Perú 80 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. Pag. 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 (Ingeniería Forestal). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú. 90 p.
- Wabo, E. 2003. Inventarios forestales. Consultor forestal. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 23 p.
- Wadsworth H., F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Servicio Forestal. Manual de agricultura 710-S. Washington, DC. 563 p.

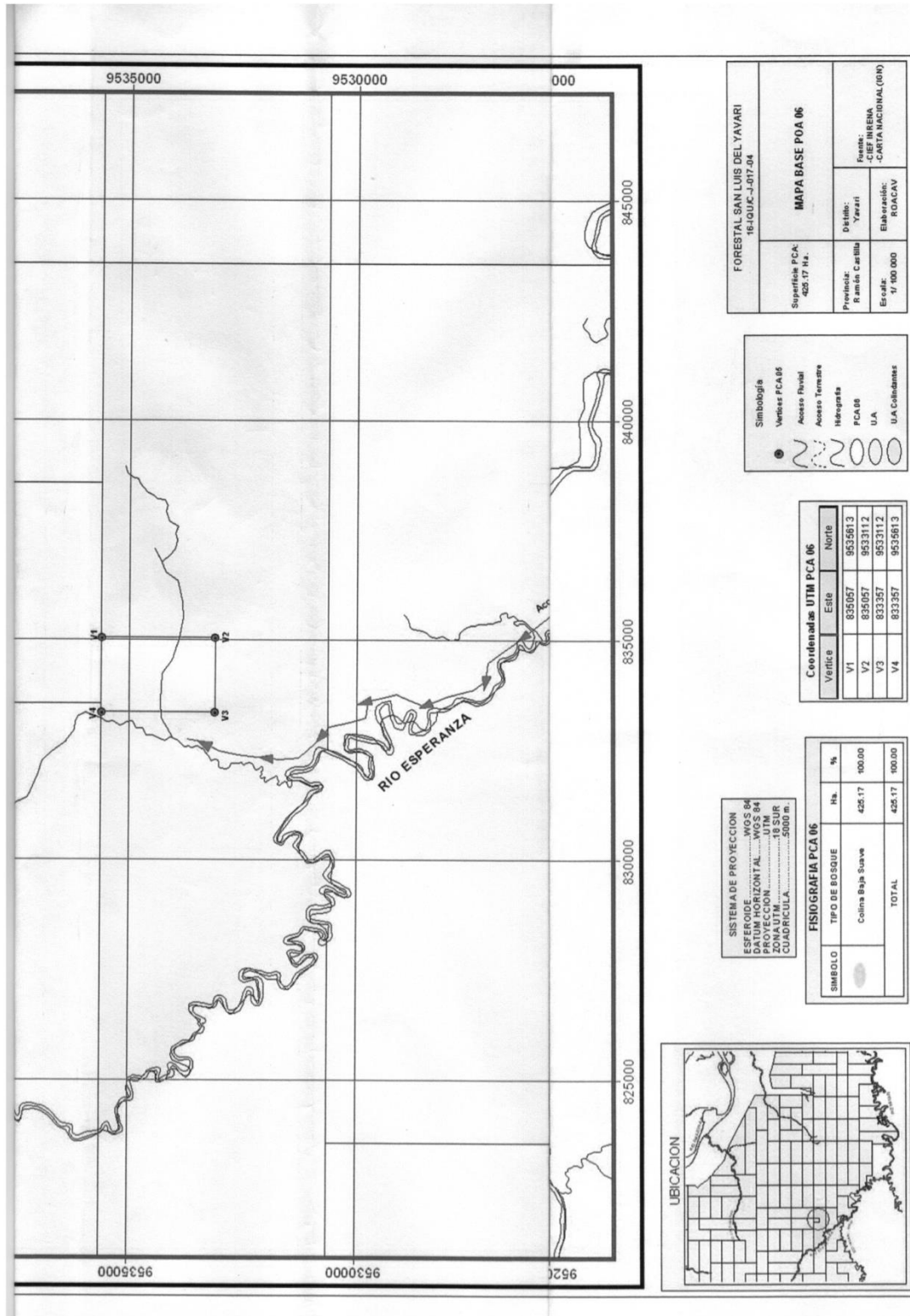
Weiner, J.; P. Stoll.; H. Müller-Landau.; A. Jansentulyan.; E. Müller. y T. Hara.
2001. Spatial pattern, competitive symmetry and size variability in a
spatially-explicit, individual-based plant competition model. *Am. Naturalist*
158: 438-450

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

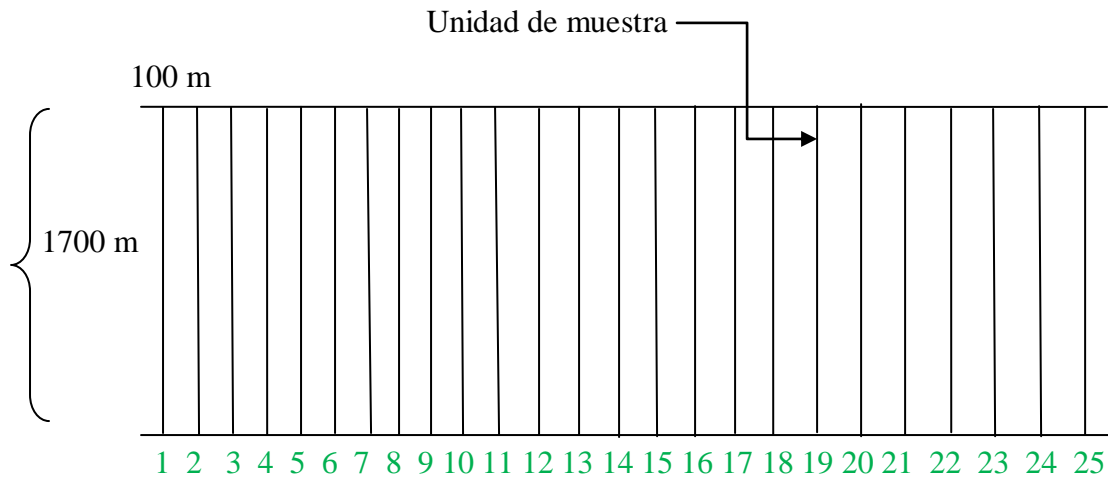
<http://www.siamazonia.org.pe/Archivos/Publicaciones/SPT-TCA-PER-31.pdf>

http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia_IO.htm

A N E X O



Anexo 1: Mapa de ubicación del área de estudio.



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