



**UNAP**

**FACULTAD DE  
CIENCIAS FORESTALES**

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

**“Cálculo del área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez y su contribución para su  
manejo sostenible en los Varillales de la Reserva Nacional Allpahuayo  
Mishana, Loreto, Perú”**

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

Autor

Alan Christian Chumbe Ycomedes

Iquitos - Perú

2017



**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

**DE TESIS Nº 736**

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentado por el Bachiller **ALAN CHRISTIAN CHUMBE YCOMEDES**, titulada: **“CÁLCULO DEL ÁREA FOLIAR DE *Caraipa utilis* VÁSQUEZ Y SU CONTRIBUCIÓN PARA SU MANEJO SOSTENIBLE EN LOS VARILLALES DE LA RESERVA NACIONAL ALLPAHUAYO MISHANA, LORETO, PERÚ”**; formuladas las observaciones y analizadas las respuestas,

la declaramos:

Con el calificativo de:

En consecuencia queda en condición de ser calificado:

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

.....**A. PROBADO**.....

.....**MUY BUENO**.....

.....**N.P.T.O.**.....

Iquitos, 12 de agosto 2016

**Ing. HEITER VALDERRAMA FREYRE, Dr.**  
Presidente

**Ing. RICHER RIOS ZUMAETA, Dr.**  
Miembro

**Ing. DAVID URQUIZA MUÑOZ**  
Miembro

**Ing. RICARDO REÁTEGUI AMASIFUÉN, M.Sc**  
Asesor

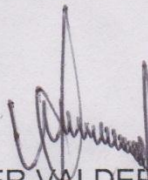


TESIS

“CÁLCULO DEL ÁREA FOLIAR DE *Caraipa utilis* VÁSQUEZ Y SU  
CONTRIBUCIÓN PARA SU MANEJO SOSTENIBLE EN LOS VARILLALES DE LA  
RESERVA NACIONAL ALLPAHUAYO MISHANA, LORETO, PERÚ”

(Aprobado el día 12 de Agosto 2016, según acta de sustentación N° 736)

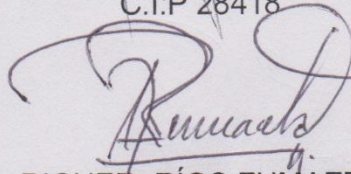
MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR



Ing. HEITER VALDERRAMA FREYRE, Dr.

Presidente

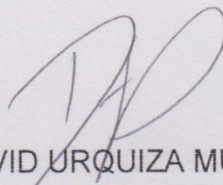
C.I.P 28418



Ing. RICHER RÍOS ZUMAETA, Dr.

Miembro

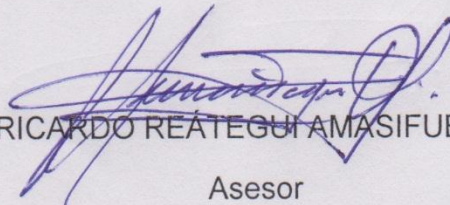
C.I.P 50411



Ing. DAVID URQUIZA MUÑOZ

Miembro

C.I.P 181468



Ing. RICARDO REÁTEGUI AMASIFUÉN, M.sc.

Asesor

C.I.P 52331

## **DEDICATORIA**

A DIOS, por brindarme cada día un nuevo amanecer para ser una mejor persona.

A mis padres, David y Janeth, y hermana, Giovanna, personas que son mi ejemplo a seguir y estímulo para ser mejor cada día.

A mis amigos y demás personas que estuvieron presentes en el día a día, que con su ayuda y compañía me incentivaron a concluir este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Blgo. Ricardo Zárate Gómez, por su paciencia y co-asesoramiento para lograr concluir el proyecto.

Un agradecimiento especial al docente Fritz Veintemilla Arana, por su constante apoyo y asesoramiento, y los consejos brindados para el desarrollo de la presente tesis.

A Luisin Ruiz, Max Guiriz, Priscila Gonzales, Danna Flores, Milagros Rimachi, Linder Mozombite y George Gallardo por su apoyo en el trabajo de campo.

<b>ÍNDICE</b>		<b>Pág.</b>
I.	Introducción .....	1
II.	El problema.....	3
	2.1. Descripción del problema .....	3
	2.2. Definición del problema .....	5
III.	Hipótesis .....	6
	3.1. Hipótesis general.....	6
	3.2. Hipótesis alternativa .....	6
IV.	Objetivos.....	7
	4.1. Objetivo general .....	7
	4.2. Objetivos específicos.....	7
V.	Variables.....	8
	5.1. Identificación de variables, indicadores e índices.....	8
	5.2. Operacionalización de variables.....	8
VI.	Marco teórico .....	9
	6.1. Los bosques sobre arena blanca (Varillales).....	9
	6.2. Tipos de bosques de Varillal .....	10
	6.3. Clusiaceae en los bosques de Varillal .....	10
	6.4. <i>Caraipa utilis</i> Vásquez en Varillales .....	12
	6.5. Los bosques sobre arena blanca (Varillales).....	14
	6.6. Familia Clusiaceae .....	14
	6.6.1. Taxonomía, ecología y distribución de la familia Clusiaceae.....	14
	6.6.2. Descripción botánica de las plantas de la familia Clusiaceae.....	16
	6.6.3. Géneros notables y características importantes de la Familia Clusiaceae.....	16
	6.7. <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	18
	6.7.1. Taxonomía, ecología y distribución de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	18
	6.7.2. Descripción botánica de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	18
	A. Forma de las hojas .....	19
	B. Tamaño de las hojas .....	20
	6.8. Área foliar de las hojas .....	21

	<b>Pág.</b>
6.9. Métodos para medir el área foliar .....	22
VII. Marco conceptual.....	24
VIII. Materiales y método.....	25
8.1. Área de estudio .....	25
8.1.1. Accesibilidad .....	25
8.1.2. Clima.....	25
8.1.3. Vegetación.....	25
8.1.4. Suelos.....	26
8.1.5. Fisiografía .....	26
8.2. Materiales y equipos.....	26
8.2.1. Materiales de campo.....	26
8.2.2. Equipos de campo .....	27
8.2.3. Materiales de gabinete.....	27
8.2.4. Equipos de gabinete y software .....	27
8.3. Método .....	28
8.3.1. Tipo y nivel de investigación .....	28
8.3.2. Población y muestra .....	28
8.3.3. Análisis estadístico .....	28
8.3.4. Procedimiento .....	29
8.4. Cálculo .....	30
8.4.1. Longitud y ancho promedio de lámina foliar .....	30
8.4.2. Análisis de correlación .....	30
8.4.3. Regresión lineal .....	31
8.4.4. Regresión cuadrática .....	31
8.4.5. Regresión cúbica .....	31
8.4.6. Regresión logarítmica .....	32
8.4.7. Herborización.....	32
IX. Resultados.....	33
9.1. Parámetros medidos en las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	33
9.2. Estimación del área foliar utilizando regresiones lineales simples en las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez .....	34
9.3. Resumen del modelo lineal usando el producto del largo por ancho como variable independiente en <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	35
9.4. Residuos y valores influyentes en el modelo lineal .....	36

	<b>Pág.</b>
9.5. Modelos matemáticos con regresiones polinómicas para estimar el área foliar de las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	37
9.6. Resumen del modelo cuadrático para estimar el área foliar de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	38
9.7. Validación de los modelos propuestos para estimar el área foliar de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez.....	39
X. Discusión.....	41
XI. Conclusiones.....	46
XII. Recomendaciones.....	47
XIII. Bibliografía.....	48
Anexos.....	58
Mapa de ubicación del proyecto.....	59



<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 01: Indicadores e índices de las variables independientes.....	8
Tabla 02: Familias con el mayor número de especies sobre bosques de Varillal en dos parcelas de 1 ha (100 x 100 m) en la RNAM.....	11
Tabla 03: Familias más importantes, número de especies por familia, número y porcentaje total en los individuos .....	11
Tabla 04: Especies más abundantes en 16 parcelas sobre Varillales de 1.0 ha con individuos $\geq 5$ de DAP en Loreto, Perú.....	12
Tabla 05: Índice de Valor de Importancia y porcentaje total de las especies más importantes de la categoría fustal.....	13
Tabla 06: Longitud, ancho, largo por ancho y área foliar de las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez .....	33
Tabla 07: Regresiones lineales en base al largo, ancho y largo por ancho de las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez en el Varillal.....	34
Tabla 08: Análisis de regresión y varianza del modelo lineal seleccionado ...	35
Tabla 09: Puntos influyentes en las observaciones del modelo .....	37
Tabla 10: Regresiones polinómicas para calcular el área foliar de las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez .....	38
Tabla 11: Modelo cuadrático para calcular el área foliar de las hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez .....	39
Tabla 12: Tamaño de las hojas de las especies del genero <i>Caraipa</i> .....	57
Tabla 13: Valores de largo, ancho, área foliar calculada por el programa, y área foliar estimada por los modelos matemáticos.....	60

<b>LISTA DE FIGURAS</b>		<b>Pág.</b>
Figura 01: Gráficos de residuos (Largo por ancho de las hojas) .....		36
Figura 02: Área foliar medida y área foliar estimada (Regresión simple) .....		40
Figura 03: Área foliar medida y área foliar estimada (Regresión cuadrática) .....		40
Figura 04: Hojas de <i>Caraipa utilis</i> Vásquez .....		57
Figura 05: Diseño de la parcela de estudio en el bosque de estudio en el Bosque de Varillal .....		58
Figura 06: Montaje para fotografías de láminas foliares .....		58

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue estimar el área foliar mediante el uso del largo y ancho de la lámina foliar de *Caraipa utilis* Vásquez para contribuir a la elaboración de planes de manejo sostenibles en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto. Las muestras se obtuvieron de las áreas que se encuentran en el km 31,5 de la carretera Iquitos – Nauta, aproximadamente en las coordenadas UTM 672771 E y 9559046 N, Maynas, Loreto. Se realizó el inventario de los individuos mayores a 10 cm de DAP de *Caraipa utilis* Vásquez en 1 ha de Varillal. Después se seleccionó al azar 10 individuos, colectándose 50 hojas por árbol. Se evaluaron estas características: Largo y ancho de la hoja, calculando el área foliar. El ancho promedio de las hojas colectadas como muestra fue 32,55 mm. El largo promedio fue 74,95 mm. El área foliar calculada fue 1474,64 mm<sup>2</sup> (Macrófila). Los modelos matemáticos desarrollados con mayor valor de R<sup>2</sup> son: El modelo lineal ( $AF = 281,757 + 0,473284 LxA$ ,  $R^2 = 0,774$ ), valido para investigaciones que no requieran un grado de precisión elevado en la estimación de los datos. El segundo modelo es el cuadrático ( $AF = 63.205 + 0.63066 LxA - 0.0000238549 LxA^2$ ,  $R^2 = 0,783$ ), recomendado en investigaciones que requieran mayor precisión en la obtención de datos. Los modelos propuestos son válidos para esta especie, ya que tienen precisión, son prácticos y fáciles de medir, pero la elección del modelo a utilizar, dependerá del criterio del investigador y el propósito del estudio.

Palabras clave: Lámina foliar, macrófila, manejo sostenible, modelo matemático, parámetro.

## I. INTRODUCCIÓN

El valor biológico y de conservación de los Varillales de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana radica en su singularidad y la presencia de numerosas especies endémicas adaptadas a suelos pobres en nutrientes.

De estos bosques son extraídas la mayoría de insumos y materiales utilizadas por la población de Iquitos en la construcción de viviendas rurales y urbanas. La especie con mayor demanda es *Caraipa utilis* Vásquez, localmente conocida como *Aceite caspi*, y es principalmente utilizada como madera redonda. Espíritu y Panduro (2010), reportaron que el 70% de los pobladores de los caseríos cercanos a la zona de estudio obtienen esta madera redonda en los bosques circundantes, los cuales están cada vez más lejos. Un fenómeno similar ha sido reportado por Freitas (1996), quien menciona que los bosques de Varillal están bajo una presión constante. En estos bosques, la especie *Caraipa utilis* Vásquez es extraída en grandes cantidades, principalmente para construcciones rurales. Por este motivo, esta especie está bajo una desmesurada extracción selectiva, que ha conllevado a ser considerada como especie Vulnerable (D2) y Vulnerable (vu) por la UICN (1998) y el D.S N° 043 - 2006 – AG, respectivamente. Y además no se encuentra considerada en un marco legal en el Perú por la falta de normativa para los recursos forestales considerados madera redonda. Por tener *Caraipa utilis* Vásquez un valor ecológico y económico para el poblador local, se hace necesario tener un mayor conocimiento de su ecología, morfología, anatomía foliar, preferencias de tipos de suelos, entre otros aspectos.

En el estudio de la ecología de las especies, uno de los aspectos más importantes es encontrar métodos fáciles y económicos para estimar el área foliar de las hojas, definido como la superficie de la hoja comprendida entre el ápice y el peciolo. Este parámetro está relacionado con el crecimiento, desarrollo, fotosíntesis, intercepción de la radiación, procesos transpiratorios, producción de biomasa, productividad, etc. El área de cada hoja guarda una relación estrecha con sus parámetros de largo y ancho, y dicha relación puede ser descrita mediante ecuaciones de regresión (Meza y Bautista, 1999). Los modelos matemáticos basados en las medidas de las hojas representan métodos económicos y rápidos para estimar el área foliar de las hojas, especialmente aquellos modelos provenientes de un único parámetro, debido a la simplicidad y rapidez en su aplicación, por lo que las mediciones pueden ser repetibles en el tiempo. La alta correlación encontrada entre las mediciones lineales y el área foliar hace apropiados y confiables estos procedimientos de estimaciones (Sepulveda y Kliever, 1983).

Así, el presente trabajo busca determinar un modelo matemático para estimar el área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez en base a los parámetros de largo y ancho de la lámina foliar y así contribuir a su manejo sostenible en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.



## II. EL PROBLEMA

### 2.1. Descripción del problema

En la carretera Iquitos - Nauta km 31,5 se encuentra la mayor área de bosques de Varillal en el Perú, ubicados en la margen derecha del río Nanay (García *et al.* 2003). En la actualidad se observa que estos Varillales están bajo una rápida deforestación, debido a que de estos bosques se extraen la mayoría de los materiales de construcción para la ciudad de Iquitos, tanto el suelo arenoso como la madera redonda y otros.

Una especie importante económicamente es *Caraipa utilis* Vásquez, que es notoriamente dominante en los Varilles y se encuentra bajo presión extractiva debido a que su fuste recto es utilizado como madera redonda para la construcción de las casas. Esto ha propiciado que la UICN (1998) y el D.S N° 043 - 2006 – AG la clasifique como especie vulnerable D2 y vulnerable (vu), respectivamente. Además que no existe información científica suficiente de esta especie para elaborar planes de manejo sostenibles.

La determinación del área foliar de los árboles de *Caraipa utilis* Vásquez es una variable importante para entender la ecología de la especie, puesto que está relacionado con su crecimiento y desarrollo, dado que en las hojas se realiza la síntesis de carbohidratos que van a repartirse en los diferentes órganos (Meza y Bautista, 1999 y Calderon *et al.*, 2009), así como la intercepción de la radiación, procesos transpiratorios, acumulación de biomasa, productividad, etc. La hoja es la superficie de intercambio entre la planta y el medio aéreo, así como el lugar donde se realiza la fotosíntesis; y

la intensidad de estos intercambios y la actividad fotosintética tiene una relación directa con el área foliar.

Así, este trabajo está dirigido a estimar el área foliar mediante el uso del largo y ancho de la lámina foliar para contribuir a la elaboración de planes de manejo sostenibles de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.

## 2.2. Definición del problema

¿Cómo contribuir a la elaboración de planes de manejo sostenibles de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal estimando su área foliar en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú?

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

¿Con la estimación del área foliar mediante el uso del largo y ancho de la lámina foliar se puede contribuir a la elaboración de planes de manejo sostenibles de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú?

#### **3.2. Hipótesis nula**

No se puede estimar el área foliar mediante el uso del largo y ancho de la lámina foliar para su contribución a la elaboración de planes de manejo sostenibles de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Estimar el área foliar mediante el uso del largo y ancho de la lámina foliar para contribuir a la elaboración de planes de manejo sostenibles de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.

### **4.2. Objetivos específicos**

Determinar el largo y ancho promedio de la lámina foliar de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.

Determinar el área promedio de la lámina foliar de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.



## V. VARIABLES

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

Para estimar el área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, se tuvo en cuenta las siguientes variables:

**Tabla 01.** Indicadores e índices de las variables independientes y dependiente.

Variables		Indicadores	Índices
DEPENDIENTE	Área	Área foliar de la lámina foliar	Milímetro cuadrado (mm <sup>2</sup> )
INDEPENDIENTE	Dimensión de la hoja	Largo de la lámina foliar	Milímetro (mm)
		Ancho de la lámina foliar	Milímetro (mm)
		Ancho por largo de la lámina foliar	Milímetro cuadrado (mm <sup>2</sup> )

### 5.2. Operacionalización de variables

Primero se calculó el área foliar individual de las hojas utilizando el software ImageJ® 1.49v para Windows 7. A continuación se desarrolló una estadística descriptiva para los parámetros estudiados. Después se desarrolló modelos matemáticos mediante ecuaciones de regresiones lineales y polinómicas en base al largo, ancho, largo por ancho de la lámina foliar. Para seleccionar el modelo con mejor ajuste, se tomó en cuenta el modelo con mayor coeficiente de determinación y menor error estándar de estimación. Los modelos seleccionados fueron objeto de análisis de regresión y varianza con carencia de ajuste para determinar si los modelos propuestos fueron adecuados para describir los datos. Para la validación de los modelos, se realizó un análisis de correlación lineal entre los valores estimados y los valores promedios del área foliar.

## VI. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Los bosques sobre arena blanca (Varillales)

Burga (1994) mencionado por Alegría *et al.* (2010), afirman que en un estudio dentro un bosque de Varillal en la localidad de Puerto Almendras, que los mayores índices de importancia ecológica fueron ocupadas por *Caraipa utilis*, *Pouteria* sp., *Microphilis guyanensis*, *Macrolobium microcalyx* y *Piptademia guavelens*.

García *et al.* (2003), afirman que hay especies que solo se encuentran en los bosques sobre arena blanca con mal drenaje (*Euterpe catinga*, *Caraipa utilis*, *Pachira brevipes*, *Mauritia carana*), donde estas pueden ser monodominantes.

Pitman *et al.* (2008), mencionado por Fine *et al.* (2010), estudiaron a individuos mayores a 10 cm de DAP de 13 parcelas en la región Loreto. Estas parcelas (1 ha) contienen un promedio de 222 individuos de 41 especies. De las 10 principales especies encontradas en los Varillales, todas fueron comunes, sobrepasando más del 49% del total de individuos. Estos datos tienen relación a los valores reportados por Rojas y Tello (2006), en un bosque de Varillal en el CIEFOR – UNAP, quienes observaron que existen especies no representativas del bosque de Varillal que juntas alcanzan el 47,54%.

## 6.2. Tipos de bosques de Varillales

La clasificación de los bosques de Varillales ha ido cambiando con el transcurrir de los años. Así tenemos que Ruokolainen y Tuomisto (1993), dividen a los Varillales en dos tipos; Varillal húmedo, que tiene una capa de raíces y material orgánico relativamente gruesa y drenaje malo, crecen pocas especies de árboles y la dominancia absoluta en el dosel superior es asumida por *Caraipa utilis* Vásquez. El otro tipo de bosque fue el Varillal seco, con dominancia también de *Caraipa utilis* Vásquez, pero con una capa de materia orgánica relativamente fina y buen drenaje.

Después para el IIAP (2004), la distinción más clara entre los bosques de Varillal ha estado basada en la impresión subjetiva con respecto a la altura del bosque y calidad del drenaje. Con estos criterios se puede distinguir tres tipos de Varillales: Varillal alto seco, Varillal alto húmedo y Varillal muy bajo húmedo (Chamizal). La última y más aceptada clasificación fue propuesta por García *et al.* (2003), quienes identificaron a cinco tipos de Varillales: Varillal alto seco, Varillal alto húmedo, Varillal bajo seco, Varillal bajo húmedo y Chamizal.

## 6.3. Clusiaceae en los bosques de Varillal

Zárate *et al.* (2012), en un estudio realizado en 2 parcelas de 1 ha (100 x 100 m) dentro la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (RNAM), reportaron que de 1 625 individuos mayores a 10 cm de DAP, la familia con mayor número de individuos fue Clusiaceae (544 ind, 23,5 %), seguida por Bombacaceae (323 ind., 19,9 %), Caesalpinaceae (234 ind., 14,4 %), Araliaceae (27 ind., 4,4 %) y Sapotaceae (68 ind., 4,2). Respecto

a la abundancia de especies, la tabla 01 muestra las familias con un mayor número de individuos.

**Tabla 02.** Familias con el mayor número de especies sobre bosques de Varillal en dos parcelas de 1 ha (100 x 100 m) en la RNAM.

Familia	Número de especies	% del número de especies
Caesalpiniaceae	14	13,5
Sapotaceae	10	9,6
Clusiaceae	7	6,7
Rubiaceae	6	5,8
Apocynaceae	5	4,8
Icacinaceae	5	4,8
Chrysobalanaceae	4	3,8
Euphorbiaceae	4	3,8
Myrtaceae	4	3,8
Burseraceae	3	2,9

**Fuente:** Zárate *et al.* (2012).

Honorio *et al.* (2008), encontraron en 5 parcelas (encontrándose 3 Varillales y 2 en Chamizal) de Jenaro Herrera a 33 familias, 65 géneros y 52 especies. Las familias más abundantes están representadas por Malvaceae (37%), Clusiaceae (20%) y Fabaceae (13%). Un porcentaje similar de individuos de la familia Clusiaceae fue registrado por Fine *et al.* (2010), quienes afirmaron que en 16 parcelas de 0.025 ha sobre bosques de Varillal, la familia Clusiaceae fue la más importante con un total de 890 individuos, lo que equivale a 24,5 % del total (Tabla 03).

**Tabla 03.** Familias más importantes, número de especies por familia, número y porcentaje total de los individuos en los Varillales.

Familia	N° de especies	N° de individuos	% del total de individuos
Clusiaceae	7	890	24,5
Malvaceae	3	613	16,9
Fabaceae	30	484	13
Otros	180	1663	45,6

**Fuente:** Fine *et al.* (2010).

#### 6.4. *Caraipa utilis* Vásquez en Varillales

Tello (1995), mencionado por Alegría *et al.* (2010), encontró en un bosque tipo Varillal cerca al arboretum El Huayo, que las especies más importantes en función del Índice de Valor de Importancia (IVI) son *Rhodognapalopsis brevipes* 32,42%, *Caraipa utilis* 32,37% y *Eutherpe* sp. 28,86%. En un inventario de 16 parcelas de 0,1 ha sobre bosques de Varillal se evaluaron a individuos  $\geq 5$  cm de DAP, Fine *et al.* (2010), encontraron que *Caraipa utilis* fue la segunda especie con mayor número de individuos (Tabla 04).

**Tabla 04.** Especies más abundantes en 16 parcelas sobre Varillales de 1.0 ha con individuos  $\geq 5$  de DAP en Loreto, Perú.

Especie	Individuos
<i>Pachira brevipes</i>	271
<i>Caraipa utilis</i>	53
<i>Dicymbe uaiparuensis</i>	48
<i>Dendropanax umbellatus</i>	30
<i>Euterpe catinga</i>	26
<i>Tachigali ptychophysca</i>	22
<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	22
<i>Parkia igneiflora</i>	21

**Fuente:** Fine *et al.* (2010).

Números de individuos similares de *Caraipa utilis* fueron registrados por Zárate *et al.* (2012), en un estudio en la RNAM, donde las especies con la mayor cantidad de individuos corresponden a *Caraipa utilis* (23,8%), *Pachira brevipes* (19,9%), *Dicymbe uaiparuensis* (8,6%), *Haploclathra cordata* (7,6%), *Dendropanax umbellatus* (4,3%), *Marlierea caudata* (2,2%), *Tachigali paniculata* (1,8%), *Emmotum floribundum* (1,5%), *Roucheria punctata* (1,4%), *Ternstroemia klugiana* (1,4%), y otras.



También Rojas y Tello (2006), reportaron en el CIEFOR – UNAP que *Pachira brevipes* fue la especie con mayor IVI con 7,1% seguido de *Caraipa utilis* con 5,7% y *Macrolobium stenocladum* con 4,5%, todos en la categoría fustal. Se calculó el Índice de Valor de Importancia (Tabla 05).

**Tabla 05.** Índice de Valor de Importancia y porcentaje total de las especies más importantes de la categoría fustal.

ESPECIE	Índice de valor de importancia (IVI)	Porcentaje (%)
<i>Pachira brevipes</i>	7,1	21,61
<i>Caraipa utilis</i> Vásquez	5,75	17,26
<i>Macrolobium stenocladum</i>	5,51	16,54
<i>Sloanea latifolia</i>	4,56	13,67
<i>Temstroemia klugiana</i>	4,52	13,55
<i>Hevea pauciflora</i>	4,34	13,03
<i>Pithecellobium sp.</i>	4,02	12,07
<i>Caraipa densifolia</i>	3,67	11
<i>Chrysophyllum bombycinum</i>	3,64	10,93
<i>Aniba guianensis</i>	3,47	10,41
<i>Trattinnickia peruviana</i>	3,02	9,05
<i>Tachigalia paniculada</i>	2,75	8,25
Otros	47,54	142,62
TOTAL	100	300

**Fuente:** Rojas y Tello (2006).

De Oñote (2007), realizó una evaluación de individuos cortados en la cuenca del río Nanay, encontrando que de los 104 individuos cortados, el 48% corresponden a la especie *Caraipa utilis*. Esta especie se cortó en 18 parcelas de las 27 inventariadas. Se debe de destacar que la segunda especie (*Chrysophyllum sanguinolentum*) con mayor porcentaje solo representa menos de un 6% del número total de pies cortados.

## 6.5. Los bosques sobre arena blanca (Varillales)

Los bosques que crecen sobre arena blanca, localmente conocidos como Varillales en Perú, Caatinga en Brasil, Cunuru en Venezuela y Wallaba forest en Guyana Francesa, cubren aproximadamente entre 5 - 10 % de la superficie total de la cuenca amazónica. Son un tipo de bosque distintivo en la selva baja, ubicadas sobre zonas planas donde crece una vegetación particular con especies monodominantes, baja diversidad y elevado endemismo que puede ser explicado por la heterogeneidad edáfica y por las diferentes condiciones de drenajes del suelo (Stropp *et al.* 2011; García *et al.* 2003; De Oñote, 2012; IIAP, 2004).

Los suelos en los Varillales son extremadamente pobres en nutrientes. Principalmente los suelos de arena blanca son cuarcítica (96 - 99% de cuarzo). Cuando estos suelos tienen arcillas, estos son caolinita, que es un tipo especial de clorita con aluminio y gibbsita. Esta composición hace que las bases extractables estén ausentes, aumentando el contenido de aluminio. Este tipo de suelos están distribuidos de forma dispersa en la cuenca amazónica, de forma fragmentada y con características insulares, formando raramente parches de Varillales mayores a 1 km<sup>2</sup>, excepto en la zona del río Negro, donde forma extensas áreas (Stropp *et al.* 2011).

## 6.6. Familia Clusiaceae

### 6.6.1. Taxonomía, ecología y distribución de la familia Clusiaceae

La familia botánica Clusiaceae pertenece al reino *Plantae*, sub - reino *Viridiplantae*, infrareino *Carmophyta*, Filo *Trocheophyta*, sub filo *Spermatophytina*, infrafilo *Angiospermae* (Cavalier-Smith,

1998). En el APG III, Calophyllaceae (con el género *Caraipa*) ha sido separado de Clusiaceae, perteneciendo este último a la orden *Malpighiales* (Chase, 2009). La familia Clusiaceae incluye a 24 géneros, 1973 nombres científicos de plantas ([www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)).

Las plantas de esta familia son árboles terrestres o hemiepifitas, arbustos o lianas que frecuentemente poseen raíces adventicias, generalmente glabros y evidentemente laticíferos con exudados de color blanco o amarillo, a veces de color naranja que en raras ocasiones son claras o no evidentes ([www.kew.org](http://www.kew.org)).

La familia se presenta en todo el Neotrópico: *Calophyllum* L, *Chrysochlamys* Poepp, *Clusia* L, *Clusiella* Planch, *Garcinia* L, *Marila* Sw, *Symphonia* L y *Tovomita* Aubl., se encuentran en las selvas tropicales en la mayor parte del territorio continental de América del Sur y Central. Las especies de *Dystovomita* D' Arcy y *Mammea* L. son en su mayoría predominantes de América Central ([www.kew.org](http://www.kew.org)).

*Caraipa* Aubl., *Haploclathra* Benth., *Kielmeyera* Mart., *Mahurea* Aubl., *Moronobea* Aubl., *Neotatea* Maguire., *Platonia* Raf., y *Thysanostemon* Maguire están presentes en el norte de América del Sur al este de los Andes ([www.kew.org](http://www.kew.org)).

### **6.6.2. Descripción botánica de las plantas de la familia Clusiaceae**

Son árboles, arbustos o hierbas con látex, a veces con tricomas estrellados. Las hojas son opuestas o alternas (verticiladas), enteras, a veces pelúcido - punteadas; los pecíolos poseen a veces una cavidad intrapeciolar sin estípulas. Las flores se agrupan en racimos, cimas, panículas o a veces solitarias, terminales o axilares con bracteadas, pudiendo ser bisexuales o unisexuales. Las plantas pueden ser dioicas o polígamas, hipóginas, actinomorfas con los sépalos de 2–10, a veces en número indefinido, libres o unidos. Los pétalos son 2– 6, a veces en número indefinido, imbricados o contortos (valvares) con estambres 4, libres o unidos en fascículos o entre todos, las anteras son 1 – 2 tecadas, dehiscencia longitudinal o poricida; pistilo súpero, lóculos 1 – numerosos, óvulos 1 – numerosos por lóculo, estilos ausentes o 1 – numerosos, libres o unidos, estigmas 1 por lóculo, simples. El fruto es de tipo baya, drupa o cápsula con semillas a veces con arilo (Vásquez, 1997).

### **6.6.3. Géneros notables y características importantes de la Familia Clusiaceae**

Entre los géneros más importantes de la Familia Clusiaceae tenemos a *Clusia* (más de 400 especies en el Neotrópico). Las plantas del género *Clusia* son hemiepífitas, lianas, árboles pequeños y arbustos con cápsulas carnosas y semillas menos de 6 mm de largo.

Otro género importante es *Calophyllum* con cerca de 190 especies. Chase (2009) sugiere este género sea separado de Clusiaceae. Vela (2012) menciona que *Calophyllum* es fácilmente reconocible por sus hojas enteras opuestas con venación estrecha paralela alternando con canales de resina. Vaques (1997) describe a *Calophyllum* como árboles glabros, con hojas opuestas, venas secundarias poco desarrolladas, finas, numerosas. Las flores distribuidas en racimos o cimas terminales y axilares, frecuentemente bracteadas, bisexuales; sépalos 4, libres; pétalos (0) 2–4, decusados; filamentos libres o unidos en la base; pistilo 1-locular, óvulos 1 por lóculo. Fruto drupa.

En Loreto uno de los principales géneros es *Caraipa*, con 7 especies en los bosques de Varillales. Son árboles o arbustos con tricomas estrellados. Hojas alternas, frecuentemente pelúcido -punteadas, venas secundarias evidentes. Flores en panículas o racimos terminales y axilares, bisexuales; sépalos 5, libres o unidos en la base; pétalos 5, contortos; filamentos unidos en la base, anteras con el conectivo prolongado en una glándula cupuliforme; pistilo 3locular, óvulos (1) 2 – 3 por lóculo. Fruto cápsula septicida triquetra, frecuentemente asimétrica (Vásquez, 1997).



## **6.7. *Caraipa utilis* Vásquez**

### **6.7.1. Taxonomía, ecología y distribución de *Caraipa utilis* Vásquez**

*Caraipa utilis* Vásquez es una especie del genero *Caraipa*, Familia Clusiaceae. La distribución de la especie en el Perú, según León (2006), está restringida a tres localidades dentro del departamento de Loreto. Esta especie se desarrolla en los hábitats de la planicie inundable estacional y sobre suelos arenosos. Ahuite *et al.* (2003), encontraron que *Caraipa utilis* Vásquez prefiere lugares secos con buen drenaje (con poca materia orgánica) y lugares húmedos con mal drenaje (regular cantidad de materia orgánica, y raras veces con mucha). Prefiere Varillales intermedios y bajos, aunque algunos individuos están presentes también en Varillales altos. Esta especie es más abundante en Varillales intermedios y bajos. *Caraipa tereticaulis* y *Caraipa utilis* Vásquez son útiles para la industria de la madera y son usadas comúnmente por los lugareños de la RNAM, convirtiéndose en la especie comercial más valorada para construcción con madera redonda. Por tal motivo se debería realizar estudios sobre ecología, crecimiento, regeneración natural y su respuesta a la extracción, con miras a lograr un adecuado manejo y un uso sostenido de este recurso (De Oñote 2012; Ahuite *et al.* 2003).

### **6.7.2. Descripción botánica de *Caraipa utilis* Vásquez**

Vásquez (1997), describe a *Caraipa utilis* Vásquez como árboles hasta 25 m con látex translucido y blanco. Presentan ramitas

glabras o pubérulas. Sus hojas elípticas o elíptico-ovadas, 5–10 × 2.3 – 4.2 cm, el ápice es agudo, obtuso o redondeado (emarginado) y la base es aguda u obtusa, coriáceas. Los peciolo miden entre 6 – 10 mm de largo. Las panículas o racimos 6 – 12 cm de largo (glabras, brácteas caducas). Los sépalos miden 2.5 mm de largo y son glabros. Sus pétalos miden de 7 – 10 mm de largo con pubérulos. Las cápsulas son asimétricas, con base oblicua de 15 – 20 mm de largo, diminutamente tomentulosas.

#### **A. Forma de las hojas**

Según Petit (1968), en los vegetales, son los órganos que se encuentran más expuestos a las condiciones ambientales, razón por la cual las hojas reflejan con mayor claridad las características del medio ambiente. Estas características del medio ambiente se reflejan en las variaciones que sufren las hojas en su tamaño, forma y consistencia.

Las hojas en los bosques tropicales vienen en enorme cantidad de variedad de formas, esto puede ser considerado como una adaptación al complejo problema de la optimización de la captura de luz para la fotosíntesis. Sin embargo, el hecho que algunas diferentes estrategias de formas coexistan dentro de un hábitat demuestra que hay algunos otros factores envolventes intrínsecos y excéntricos (Kleiman y Aarssen 2007).

Yates *et al.* (2009), mencionan que el tamaño y forma de las hojas influyen a un rango de importantes procesos fisiológicos, entre los cuales están la fotosíntesis, transpiración y termorregulación, y varía con un número de

factores ambientales. El comportamiento del calor juega un papel principal para determinar la variación del tamaño y las formas de las hojas, ya que determina la temperatura de las hojas, y es un factor determinante en el equilibrio entre los procesos de fotosíntesis, fotorespiración y la respiración. Aun así, las modificaciones de la superficie como la pubescencia también juega un papel importante (Hikosaka *et al.* 2006).

## **B. Tamaño de las hojas**

Muchos investigadores sugieren que la mayoría de las especies tropicales experimentan cambios en el tamaño de las hojas. En los bosques húmedos tropicales la luz es considerada el recurso más limitante para el crecimiento y la supervivencia. Para Milla *et al.* (2011), el tamaño de las hojas de las plantas, en particular varía grandemente entre las especies y es sujeta a múltiples fuentes de control ambiental y de desarrollo, como lo indican Reaich *et al.* (2004), al afirmar que la variación en el tamaño de las hojas es debido a los factores ambientales tales como la iluminación.

Para Berntson y Weiner (1990), la distribución del tamaño de las hojas en una planta es el resultado de tres procesos: El nacimiento, crecimiento y muerte de las hojas. Cuando una población de hojas recibe suficiente luz, agua y nutrientes, la tasa de nacimiento natalidad es alta. Las nuevas hojas emergidas son pequeñas y la expansión de las hojas sigue una curva sigmoidea de crecimiento, estando de esta manera, la edad y el tamaño de las hojas muy correlacionadas.

Hay una tendencia a la reducción del tamaño de las hojas con el decrecimiento en el promedio de la temperatura, así Sringswara *et al.* (2010), mencionan que el tamaño y forma de las hojas son grandemente sensitivos a las condiciones de humedad. Ha sido demostrado que el grosor de las hojas incrementa con el logaritmo de precipitaciones anuales en bosques de tierras bajas tropicales. Respecto a esto, Yang *et al.* (2008), mencionan que las pequeñas hojas tienden a tener ventajas en hábitats secos, fríos, expuestos a vientos, de altas altitudes y pobres en nutrientes. Las pequeñas hojas pueden ser entendidas en términos de selección para grandes números de las hojas.

En general, el tamaño de las hojas declina con la altitud. En ambientes pobres en nutrientes como los Varillales, la habilidad para transpirar rápidamente puede mejorar la adquisición de nutrientes, explicando posiblemente porque en ambientes como este las especies con hojas pequeñas son dominantes.

Las especies o individuos más altos tienen ventajas sobre las plantas más pequeñas, en que estos están disponibles a interceptar más luz. Aun así las especies más altas están también propensas a sufrir un alto riesgo de roturas (Wright, 2007). Esta asociación de hojas pequeñas con ambientes pobres en nutrientes se relaciona con una menor área foliar de las hojas, debido a las condiciones secas del ambiente.

### **6.8. Área foliar de las hojas**

La magnitud del área foliar define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (Warnock *et al.* 2006).

Según Pandey y Singh (2011), la estimación del área foliar es importante en el estudio de la nutrición de las plantas, competencia de las plantas, relación planta – agua – suelo, mediciones de producción de las plantas, respiración, reflectancia de luz y transferencia de calor en la planta, siendo el área foliar un importante parámetro en la comprensión de la fotosíntesis, aprovechamiento de agua, uso de nutrientes y crecimiento de plantaciones.

La determinación del área foliar de las plantas tiene gran importancia en los estudios relacionados con su crecimiento y desarrollo, dado que en las hojas se sintetizan los carbohidratos para la planta.

El área foliar de cada hoja guarda relación bastante estrecha con sus parámetros lineales, largo y el ancho, y dicha relación puede ser descrita mediante ecuaciones de regresión (Meza y Bautista, 1999).

### **6.9. Métodos para medir el área foliar**

Sestak *et al.* (1976), afirman que existen numerosos métodos para medir el área foliar de las hojas, entre los cuales tenemos: Conteo de cuadrados sobre papel milimetrado, planímetro portables, método gravimétrico, conteo de puntos, planímetros fotoeléctricos, medidas lineales de la hoja, peso de la hoja, conteo de hojas distantes, y los métodos de intercambio.

Generalmente la forma de medir el área foliar de las hojas se clasifican en dos grupos, los destructivos y no destructivos. También se les pueden agrupar en métodos directos e indirectos.

Entre los indirectos se destacan los que utilizan correlaciones alométricas entre magnitudes de las hojas y el área foliar, mediciones del grado de

cobertura de suelo, o de la relación entre la penetración de la radiación y la estructura cubierta vegetal. Los métodos directos son los que utilizan medidores de área foliar, que son instrumentos diseñados con este propósito y que tienen una resolución del orden de  $\text{mm}^2$  (Astegiano *et al.* 2001).

## VII. MARCO CONCEPTUAL

**Área foliar:** La magnitud del área foliar define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (Warnock *et al.* 2006).

**Bosque:** Extensión de terreno poblado de árboles y matas. Asociación vegetal con predominio de plantas arbóreas (Font, 1985).

**Dosel:** El porcentaje de tierra ocupado por la proyección vertical del perímetro más externo de la extensión natural del follaje de las plantas. No puede exceder el 100 por cien (FAO, 2010).

**Estructura de un bosque:** la estructura de un bosque hace referencia a la distribución de las principales características arbóreas en el espacio, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión (Harms, 2001).

**Hoja:** órgano laminar especializado en realizar la fotosíntesis, que normalmente consta de limbo o lámina y peciolo; el peciolo puede ensancharse en su base, formando una vaina, y presentar estípulas (Font, 1985).

**Muestreo:** Evaluación de una muestra bien distribuida y representativa del bosque para inferir sus resultados sobre la población (INRENA, 2003).

**Monodominantes:** Especies capaz de dominar más del 50 % de un área determinada (Connell y Lowman, 1989).

**Varillal:** Bosques que crecen sobre suelos de arena blanca (García *et al.* 2003).

**Vegetación:** La vegetación es el conjunto total de los vegetales que viven en un territorio o la suma de las comunidades vegetales de un área geográfica (Font, 1985).

## VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un bosque cerca al km 31.5 de la carretera Iquitos - Nauta, exfundo UNAP, con coordenadas UTM 672771 E y 9559046 N, ubicado dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (Ver mapa en Pag. 55). Políticamente la parcela pertenece al Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto, Perú.

#### 8.1.1. Accesibilidad

Se puede acceder a la zona de estudio por la carretera Iquitos – Nauta. Utilizando un bus, toma aproximadamente 1 hora desde la ciudad de Iquitos hasta llegar al km 31.5, punto desde el cual entrando por la RNAM se recorre una trocha aproximadamente de 3 km hasta llegar a las parcelas de estudios (Ver Fig. 05).

#### 8.1.2. Clima

El clima es cálido, tropical y húmedo, la precipitación varía de 2600 a 3000 mm por año, la temperatura mínima media varía de 20-23 °C y la máxima media de 30-33 °C (Paredes, 2012).

#### 8.1.3. Vegetación

Entre las especies representativas se encuentran *Pachira brevipes*, *Caraipa utilis* Vasquez, *Dicycme uaiparuensis*, *Dendropanax umbellatus*, *Ternstroemia klugiana*, *Sloanea spathulata*, *Anaxagorea brachycarpa*, *Neea macrophylla* y *Euterpe catinga*, *Ternstroemia klugiana*, *Haplocatbra cordata*,



*Parkia igneiflora*, *Emmotum flribundum*, *Ravenia biramosa*. Los árboles presentan diámetro reducido, el sotobosque es bajo e irregularmente abierto, y el estrato herbáceo está compuesto predominantemente de helechos (IIAP, 2004; Alegría *et al.*, 2005; Zarate *et al.*, 2015).

#### **8.1.4. Suelos**

Presenta características franco-arcillosas y arenosas con o sin buen drenaje presentando arena blanca (Vásquez, 1997).

#### **8.1.5. Fisiografía**

Según Mori y Reátegui (2012), el área de estudio está formado por terrazas altas, planas a ligeramente onduladas localizadas en forma adyacentes a la carretera Iquitos - Nauta y entre los interfluvios de las quebradas del río Nanay.

### **8.2. Materiales y equipos**

#### **8.2.1. Materiales de campo**

- Papel periódico.
- Lápiz, tijeras y plumón sharpee.
- Cuadernos de apuntes.
- Rafia.
- Hilo pabilo.
- Bolsas de polietileno.
- Pilas AA y AAA.
- Alcohol de 90°.
- Cinta mackintosh.

### **8.2.2. Equipos de campo**

- Machete.
- Brújula.
- Equipos de posicionamiento global (GPS).
- Tijera podadora de mano.
- Tijera telescópica.
- Clinómetro.
- Cámara digital.
- Subidores de árboles.
- Binoculares.
- Hondas.

### **8.2.3. Materiales de gabinete**

- Imagen de satélite Rapideye.
- Cartulina dúplex.
- Cinta scotch.
- Lapicero.
- Lamina corrugada de aluminio.
- Prensa.
- Vidrio.

### **8.2.4. Equipos de gabinete y Software**

- Mapas temáticos de la zona.
- Laptop Lenovo G 475 de 3 GB RAM.
- Impresora.
- Camara digital Sony 12 Megapíxeles.

- Microsoft Word 2013.
- Microsoft Excel 2013.
- PASW Statistics 18.
- Arc Map 10.1.
- ImageJ® 1.49v.

### 8.3. Método

#### 8.3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente estudio es del tipo descriptivo y explicativa aplicado a las hojas de los individuos de *Caraipa utilis* Vásquez en un bosque de Varillal.

#### 8.3.2. Población y muestra

**Población:** Todas los individuos de *Caraipa utilis* Vásquez en una parcela de 1 ha en un bosque de Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana.

**Muestra:** 500 hojas en 10 individuos elegido al azar de *Caraipa utilis* Vásquez mayores a 10 cm de DAP en 1 ha en un bosque de Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana.

#### 8.3.3. Análisis estadístico

Se empleó la estadística descriptiva para los valores de largo, ancho, largo por ancho y área foliar calculada de la lámina foliar.

Después se aplicó el análisis de correlación de Pearson entre la longitud y ancho con el área foliar calculada por ImageJ® 1.49v, para seleccionar el parámetro con mayor correlación de acuerdo a Pire y

Valenzuela (1995), que permitió construir modelos matemáticos mediante regresiones de tipos lineales, cuadráticas, cúbicas y logarítmicas. Para seleccionar el modelo con mejor ajuste, se tomó en consideración el modelo con mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

#### **8.3.4. Procedimiento**

Se estableció una unidad de muestreo de 20 m x 50 m (1 ha), el cual fue delimitada con jalones de madera de 1.60 m de longitud. Se realizó un inventario de todos los individuos de *Caraipa utilis* Vásquez con DAP > 10 cm. que se encontraron dentro la parcela. Utilizando un clinómetro se midió la altura de los árboles mayores a 25 m. Para individuos menores a 25 m se utilizó una vara telescópica. Se midieron las siguientes características de las hojas: Largo, ancho y área de la lámina foliar.

Para calcular el área foliar de las hojas, estas fueron desprendidas de las muestras botánicas. Las hojas fueron fotografiadas de manera individual a una altura de 15 cm con una cámara Sony de 12 Mp fijada a un soporte universal. Después las hojas fueron colocadas sobre una cartulina rosada, cubiertas por un vidrio de 10 x 12 cm que permitió expandirlas totalmente. Sobre la cartulina se señaló una medida de referencia de 50 mm (Ver figura 06 en Anexo).

Para la medición del área foliar en el software ImageJ® 1.49v se procedió de acuerdo al método propuesto por Guerrero *et al.*, (2008), abriéndose las imágenes de las hojas en el computador, siendo

calibradas de manera individual, fijando una medida de referencia de tamaño para los análisis posteriores. Para ello, sobre la fotografía visible en la pantalla se trazó con el ratón del computador una línea de referencia sobre la marca de 50 mm dibujada anteriormente sobre el papel. Luego se utilizaron secuencialmente los comandos: **Analyze > Set scale > Know distance: 50, Unit of length: mm**. Para procesar la imagen se utilizó la siguiente secuencia: **Image > Type > 8 – bit, Image > Adjust > Threshold**. Para la medición del área foliar se utilizó: **Analyze > Measure**.

#### 8.4. Cálculos

##### 8.4.1. Longitud y ancho promedio de lámina foliar

Para calcular estos valores, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\bar{X}_{\Delta} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$$

Dónde  $\bar{X}_{\Delta}$  es el promedio de la variable,  $x_1$  el primer valor,  $x_n$  es el enésimo valor y  $n$  el número de casos.

##### 8.4.2. Análisis de correlación

Para medir el grado de dependencia entre las variables X y Y, se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{S_x S_y}$$

Donde  $r$  es la correlación de Pearson,  $Cov(X, Y)$  la covarianza muestra entre las variables (X = Largo, ancho de lámina foliar y Y = Área foliar) y  $S_x S_y$  producto de las desviaciones típicas de las variables.

#### 8.4.3. Regresión lineal

Para estimar el área foliar mediante una regresión lineal, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = a + bX$$

Donde  $X$  es son los valores de largo y ancho de la lámina foliar,  $Y$  es el área foliar,  $a$  es el valor de la ordenada donde la línea de regresión se intercepta con el eje  $Y$  y  $b$  es el coeficiente de regresión.

#### 8.4.4. Regresión cuadrática

Para estimar el área foliar mediante una regresión cuadrática, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = a + bX + cX^2$$

Donde  $X$  es son los valores de largo y ancho de la lámina foliar,  $Y$  es el área foliar,  $a$ ,  $b$  y  $c$  son los parámetros de la ecuación.

#### 8.4.5. Regresión cúbica

Para estimar el área foliar mediante una regresión cúbica, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3$$

Donde  $X$  es son los valores de largo y ancho de la lámina foliar,  $Y$  es el área foliar,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son los parámetros de la ecuación.

#### **8.4.6. Regresión logarítmica**

Para estimar el área foliar mediante una regresión logarítmica, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = a + b \ln X$$

Donde X es son los valores de largo y ancho de la lámina foliar, Y es el área foliar, a y b son los parámetros de la ecuación.

#### **8.4.7. Herborización**

Las muestras fueron colectadas usando tijera telescópica, mostrando el patrón de ramificación de la rama. Se colectaron 3 muestras botánicas (40 x 30 cm). Estas se colocaron mostrando el haz y el envés de la rama en bolsas plásticas con alcohol y agua (proporción 50 % - 50 %).

## IX. RESULTADOS

### 9.1. Parámetros medidos en las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez

Se muestra la cantidad de hojas medidas, valores máximos y mínimos, suma y promedio de los parámetros, así como la desviación típica, varianza y coeficiente de variación de las mediciones realizadas en las hojas:

**Tabla 06.** Longitud, ancho, largo por ancho y área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez en el Varillal.

Parámetro	Hojas	Valor mínimo	Valor máximo	Suma	Promedio	$\Sigma$	S <sup>2</sup>	Coficiente de variación
Largo	500	26,38 mm	137,10 mm	37475,72 mm	74,95 mm	15,91	253,11	21,23%
Ancho	500	16,30 mm	76,00 mm	16274,32 mm	32,55 mm	7,49	56,11	23,01%
Longitud por Ancho	500	493,83 mm <sup>2</sup>	8445,36 mm <sup>2</sup>	1260012,47 mm <sup>2</sup>	2520,02 mm <sup>2</sup>	1056,01	1115149,98	41,91%
Área foliar calculada	500	148,97 mm <sup>2</sup>	3920,61 mm <sup>2</sup>	737 222,61 mm <sup>2</sup>	1474,64 mm <sup>2</sup>	568,16	322806,19	38,53%

El largo mínimo de la lámina foliar registrada fue de 26,38 mm, mientras que la máxima corresponde a 137,10 mm, teniendo un promedio de 74,95 mm. Para el ancho de la lámina foliar se registró como el mínimo valor a 16,30 mm, en tanto que 76,00 mm fue el máximo valor, resultando un promedio de 32,55 mm. El largo por ancho de la hoja varió desde 493,82 mm<sup>2</sup> hasta 8445,36 mm<sup>2</sup>, con un promedio de 2520,02 mm<sup>2</sup>. Para el área foliar de la lámina foliar, se registró como valor mínimo a 148,97 mm<sup>2</sup>, en tanto que 3 920,61 mm<sup>2</sup> fue el máximo valor registrado. El promedio de área foliar fue de 1474,64 mm<sup>2</sup>. El coeficiente de variación fue 21,23% para el largo de la lámina foliar, y 23,01% para el ancho de la lámina foliar. Para el producto del ancho por largo, el coeficiente de variación fue de 38,53%. Todos estos valores aceptables.



## 9.2. Estimación del área foliar utilizando regresiones lineales simples en las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez

Se desarrolló modelos matemáticos en base a regresiones lineales simples, utilizando el producto del largo (L), ancho (A) y producto del largo por ancho (LxA) de la lámina como variables independientes. Para la validación de los modelos se consideró el modelo con mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ), error estándar de estimación ( $S_x$ ) y la visualización de gráficos de residuos estandarizados:

**Tabla 07.** Regresiones lineales en base al largo, ancho y largo por ancho de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez en el Varillal.

Número de modelo	Función	COEFICIENTES			$S_x$
		A	B	$R^2$	
I	$AF = a + bL$	-765,793	298,892	0,701	311,256
II	$AF = a + bA$	-439,959	588,167	0,601	359,121
III	$AF = a + b(LxA)$	281,757	0,473284	0,774	270,484
IV	$AF = a + bL(LxA)$	720,012	0,00370156	0,751	284,013
V	$AF = a + bA(LxA)$	819,52	0,00733647	0,668	327,744
VI	$AF = a + b(LxA)^2$	1004,41	0,0000629788	0,657	333,316

Los modelos de regresiones lineales presentaron valores de  $R^2$  superiores a 0,650, pero inferiores a 0,775, indicando que existe una relación de positiva alta a positiva moderadamente alta entre las variables ( $p > 0,05$ ). El empleo del largo como variable independiente, presento un mejor ajuste respecto a ancho, así el modelo I ( $AF = -765,793 + 298,892L$ ) tuvo un valor de  $R^2$  de 0,701, superior al  $R^2$  de 0,601 del modelo II. El modelo VI, que toma al  $LxA^2$  como variable independiente, presento  $R^2$  más bajo (0,657) con el  $S_x$  más alto con 333,316. El modelo lineal que presenta mejor ajuste para estimar el área foliar fue el III ( $AF = 281,757 + 0,473284LxA$ ), con un coeficiente de determinación positiva moderadamente alta de 0,774, y con el  $S_x$  más bajo

(270,484). El modelo ajustado puede explicar el 77,4% de la variabilidad del área foliar. Respecto al error estándar de estimación del modelo III, es posible que la amplitud de los valores  $LxA$  sea mayor, y por tanto, el estimado tenga alta dispersión y mayor grado de confiabilidad. Se seleccionó al modelo III por presentar el mayor valor de  $R^2$  y menor  $S_x$ .

### 9.3. Resumen del modelo lineal usando el producto del largo por ancho como variable independiente en *Caraipa utilis* Vásquez

Se calculó el análisis de regresión y varianza con carencia de ajuste para el modelo lineal con la función  $y = 281,757 + 0,473284 x$ , con el objetivo de determinar si el modelo propuesto es adecuado para describir los datos a un nivel de confianza de 95%. Se presentan los valores de coeficiente de correlación ( $R$ ), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de determinación corregida ( $R_{\text{correg.}}$ ) y error típico de estimación ( $S_x$ ).

**Tabla 08.** Análisis de regresión y varianza del modelo lineal seleccionado.

Análisis de regresión del modelo					
$R = 0,880$	$R^2 = 0,774$	$R_{\text{correg.}} = 0,781$	$S_x = 270,484$		
Modelo matemático		$y = 281,757 + 0,473284 x$			
Análisis de varianza con carencia de ajuste del modelo					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1,24646E8	1	1,24646E8	1703,71	0,0000
Residuo	3,64344E7	498	73161,4		
Total (Corre.)	1,6108E8	499			

El modelo de correlación lineal presenta un coeficiente de correlación de 0,880, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El análisis de regresión muestra que el modelo  $y = 281,757 + 0,473284 AxL$

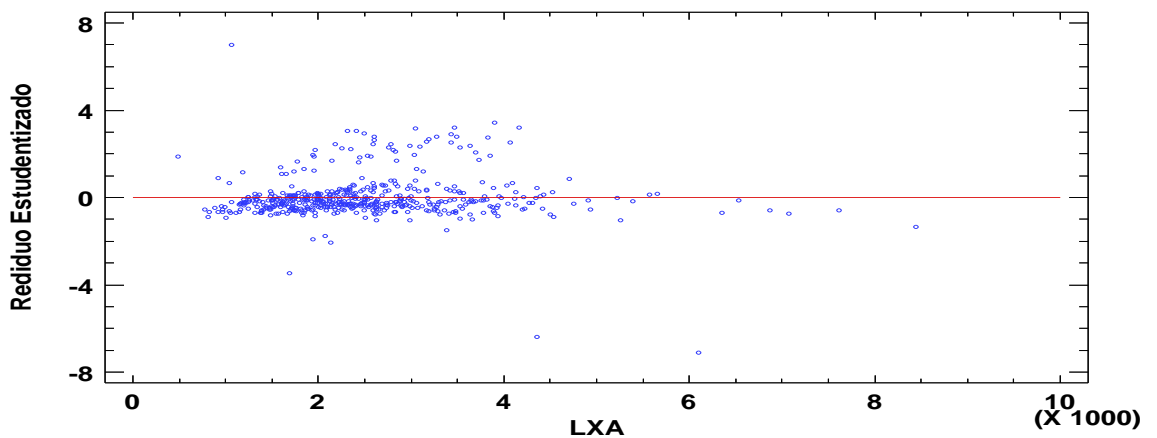
explica el 77,4% de la variabilidad en el área foliar estimada a partir del producto del largo por ancho de la hoja.

El análisis de varianza del modelo muestra que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que la función  $y = 281,757 + 0,473284 x$  es adecuada para describir los datos observados.

#### 9.4. Residuos y valores influyentes en el modelo lineal

Con el propósito de verificar si el modelo de regresión lineal es el adecuado, se desarrolló gráficos de residuos para determinar la existencia de valores outliers, valores influyentes y evidenciar que no existe una relación curva en oposición a la lineal propuesto por el modelo  $y = 281,757 + 0,473284 AxL$ .

a). Residuos estudentizados y valores de LxA.



**Figura 01.** Gráfico de residuos (Largo por ancho de las hojas).

Se puede apreciar que la distribución de los residuos estudentizados es independiente al número de las hojas de *Caraipa utilis*. La concentración de los residuos estudentizados valida el modelo propuesto, sin embargo, se puede notar la presencia de valores outliers e influyentes (Tabla 09).

**Tabla 09.** Puntos influyentes en las observaciones del modelo.

Valor	X	Y	Predicciones en Y	Residuos estudentizados	Influencia de los valores
1	8445,36	3920,61	4278,81	-1,37	0,0650946
14	6354,73	3097,68	3289,35	-0,72	0,0284259
19	5656,56	3001,6	2958,92	0,16	0,0196794
23	5233,8	2743,59	2758,83	-0,06	0,0152347
153	7624,2	3725,83	3890,17	-0,62	0,0488185
156	5399,5	2790,39	2837,26	-0,17	0,0169003
169	6871,04	3370,69	3533,71	-0,61	0,036021
173	5572,76	2950,2	2919,26	0,12	0,0187473
182	4938,18	2468,17	2618,92	-0,56	0,0125083
184	5262,4	2486,24	2772,37	-1,07	0,0155151
192	7075,2	3430,78	3630,34	-0,75	0,0392886
193	6536,76	3332,96	3375,5	-0,16	0,0309943
198	4916,29	2566,61	2608,56	-0,16	0,0123189
208	6102,04	1358,11	3169,76	-7,11	0,025058

Para los datos observados en el modelo, un punto promedio tendría un valor de influencia de 0,004. Hay 7 puntos con más de 5 veces el valor de influencia normal, y 14 puntos con más de 3 veces el valor de influencia promedio. Esto indica que el modelo, aun presentado un  $R^2$  moderadamente fuerte, no puede ser utilizado para estudios que requieran un alto nivel de precisión en los datos estimados.

#### 9.5. Modelos matemáticos con regresiones polinómicas para estimar el área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez

Para modelos matemáticos con mayor presión propuesto por el modelo lineal, se estimó el área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez en base al producto del largo por ancho de la lámina foliar, mediante ecuaciones de regresiones polinómicas. Para determinar el mejor modelo matemático que

mejor estime el área foliar, se tomó en consideración su coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y error típico de estimación ( $s_x$ ).

**Tabla 10.** Regresiones polinómicas para calcular el área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez en el Varillal.

Tipo de regresión	$R^2$	$S_x$	Modelo matemático
Cuadrática	0,783	265,539	$Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549X^2$
Cubico	0,783	265,645	$Y = - 11,443 + 0,710 X - 0,00005 X^2 - 0,000000002 X^3$
Logarítmica	0,742	288,641	$Y = - 7986,493 + 1220,06 \ln X$
Exponencial	0,687	0,218	$Y = \exp(6,45317 + 0,000305594 X)$
Multiplcativo	0,760	0,191	$Y = \exp(0,668808 + 0,845517 \ln X)$
Doble cuadrado	0,747	1,0359E6	$Y = \text{sqrt}(695073 + 0,24132 X^2)$
Cuadrado de X	0,657	333,316	$Y = 1004,41 + 0,0000629788 X^2$
Raíz cuadrada doble	0,781	333,316	$Y = (6,21431 + 0,640224\text{sqrt}X)^2$

De los modelos matemáticos construidos en base al LxA de la lámina, el menor valor de  $R^2$  corresponde al modelo cuadrado de X con 0,657, seguidos de modelo exponencial con un  $R^2$  de 0,687. Hay dos modelos que presentan los valores de  $R^2$  más elevados, el cuadrático y cubico con 0,783, siendo el cuadrático el que presenta un menor error estándar de estimación de 265,539. De esta manera se determinó que el modelo cuadrático presenta un mejor ajuste para estimar el área foliar en *Caraipa utilis* Vásquez.

#### 9.6. Resumen del modelo cuadrático para estimar el área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez

Se calculó el análisis de regresión y varianza del modelo cuadrático con la función  $Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549 X^2$ . Se presentan los valores de coeficiente de correlación ( $r$ ), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de determinación corregida y error típico de estimación.

**Tabla 11.** Modelo cuadrático para calcular el área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez en el Varillal.

Análisis de regresión del modelo					
R = 0,885	R <sup>2</sup> = 0,783	R <sub>corregida</sub> = 0,782	Error típico = 256,539		
Análisis de varianza del modelo					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1,26036E8	2	6,30182E7	893,74	0,000011212
Residual	3,50438E7	497	70510,7		
Total (Corr.)	1,6108E8	499			

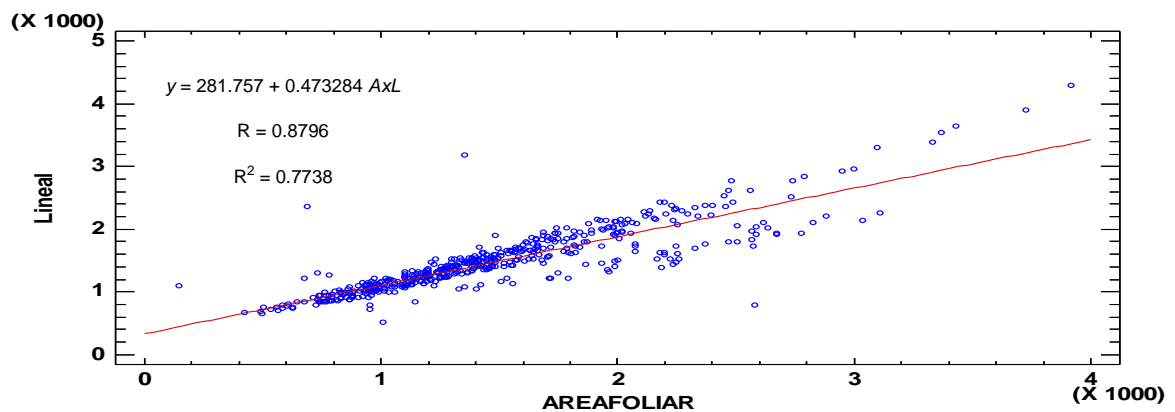
El modelo de correlación lineal presenta un coeficiente de correlación de 0,880, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El análisis de regresión muestra que el modelo  $Y = 63,205 + 0,63066 LxA - 0,0000238549 LxA^2$  explica el 78,3% de la variabilidad en el área foliar estimada a partir del producto del largo por ancho de la hoja.

Puesto que la significancia es menor a 0,05, el análisis de varianza del modelo muestra que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que la función  $Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549 X^2$  es adecuada para describir los datos observados en estudios de mayor precisión.

### **9.7. Validación de los modelos propuestos para estimar el área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez**

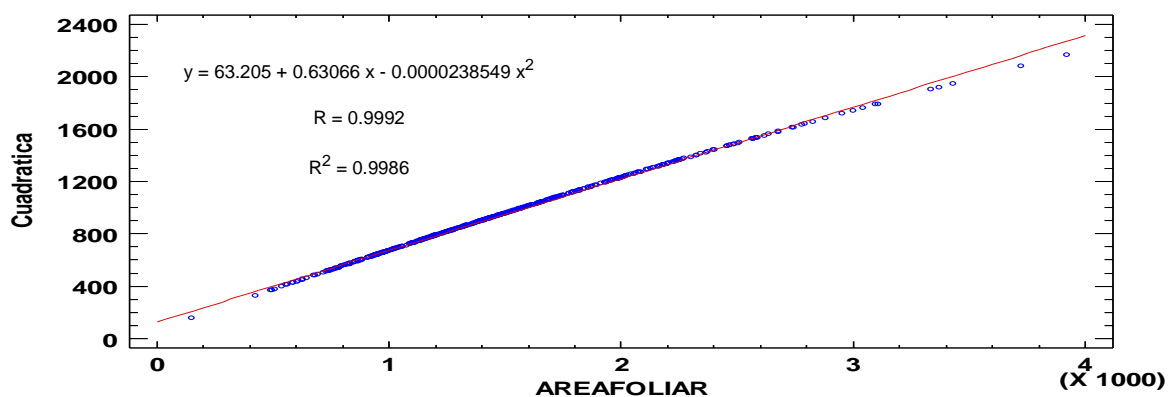
Determinados los modelos matemáticos, se realizó un análisis de correlación lineal entre los valores estimados y los valores promedios del área foliar. Se consideró los coeficientes de correlación (R) y determinación (R<sup>2</sup>).

La comparación entre los datos medidos y los datos estimados del área foliar mediante el modelo lineal  $y = 281,757 + 0,473284 AxL$  produjo un valor de R igual de 0,8796, indicando una correlación positiva alta entre las variables ( $p > 0,05$ ). El  $R^2$  de 0,7738 indica que el modelo puede ser utilizado para la estimación del área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez (Ver Fig. 02).



**Figura 02.** Área foliar medida y área foliar estimada (Regresión simple).

El análisis de correlación para los valores medidos y esperados por el modelo cuadrático  $Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549X^2$  presento un valor de R mayor al modelo lineal con 0,9992, indicando una correlación positiva muy alta entre los valores medidos y esperados ( $p > 0,05$ ). El valor de  $R^2$  de 0,9986 entre los valores medidos y esperado, fundamenta el uso de este modelo para con seguridad y precisión (Fig. 03)



**Figura 03.** Área foliar medida y área foliar estimada (Regresión cuadrática).

## XI. DISCUSIÓN

Las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez presento un largo promedio de 74,95 mm, con variación entre 137,10 mm y 26,38 mm, mientras que el ancho de la lámina foliar presento un promedio de 32,55 mm, entre los 16,30 mm y 76 mm (Tabla 06). Datos similares han sido registrados por Vásquez (1997), en una investigación realizada en la misma área de estudio, encontró que las hojas de esta especie tienen entre 50 mm y 100 mm de largo, y 23 mm a 42 mm de ancho. Estas son las únicas medidas registradas de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez, desconociéndose su área foliar hasta el presente trabajo (No hay publicados datos del área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez, aunque podemos afirmar que los resultados están dentro de los esperado en comparación con otras especies similares). El mismo autor registró valores superiores para las hojas de otras especies del género *Caraipa* en el Perú (Tabla 12), de los cuales, los valores más altos pertenecen a *Caraipa grandiflora* con 160 mm a 280 mm, y 55 mm a 90 mm de ancho. Otros valores similares fueron registrados para especies del genero *Caraipa* fuera del Perú, tal es el caso *Caraipa andina* Aymard en los andes venozalanos, que tiene una longitud de hoja que varía entre los 60 mm a 90 mm, y un ancho que va desde los 30 mm hasta los 50 mm (Aymard y Campbell, 2008).

La similitud en el tamaño de las hojas en las especies del género *Caraipa* indican que los factores extrínsecos no tienen mucha influencia en el tamaño de estas, porque especies con tamaño de hojas similares a *Caraipa utilis* Vásquez, como *Caraipa jaramilloi* y *Caraipa valioi* se desarrollan en otro tipo de bosques (Vásquez 1997) bajo condiciones ambientales diferentes con dimensiones similares en sus



hojas. Son los factores intrínsecos, limitaciones físicas impuestas por la altura del árbol o el peso de las hojas, los que parecen condicionar el tamaño de las hojas en esta especie (Jensen y Zwieniecki, 2013), ya que el simple hecho de la fácil captura de luz debería favorecer hojas pequeñas y de igual tamaño en especies que predominan en los estratos por encima de los 20 m en el Varillal y que se ubican a la misma altura, como lo son *Pachira brevipes* y *Caraipa utilis* Vásquez (Zarate *et al.*, 2015), situación que no ocurre.

Siguiendo el método propuesto por Guerrero *et al.*, (2008), se calculó que el área foliar tuvo un valor promedio de 1474,64 mm<sup>2</sup>, variando desde los 148,97 mm<sup>2</sup> hasta los 3920,61 mm<sup>2</sup> (Cuadro 02). De acuerdo a la clasificación de hojas propuesto por Webb (1959), las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez se encuentran dentro la categoría 6, tipo macrófila.

En concordancia a Sepulveda y Kliever (1983), quienes afirman que se puede estimar el área foliar mediante ecuaciones de regresión utilizando el largo, ancho y largo por ancho de la hoja, se desarrolló modelos matemáticos en base a regresiones lineales simples. Los modelos de regresiones lineales presentaron valores de R<sup>2</sup> superiores a 0,650, pero inferiores a 0,775, indicando que existe una relación de positiva alta a positiva moderadamente alta entre las variables ( $p > 0,05$ ). El empleo del largo como variable independiente, presento un mejor ajuste respecto a ancho, así el modelo I ( $AF = - 765,793 + 298,892L$ ) tuvo un valor de R<sup>2</sup> de 0,701, mayor a la del modelo II ( $R^2 = 0,601$ ). Este comportamiento ha sido reportado en otros estudios (Cabezas - Gutierrez *et al.* 2009, con *Alnus acuminata*, *Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii*; Cittadini y Peri, 2006, en hojas de *Prunus avium*;

Singh, 2007, con *Allahabad Safeda*; Nautival *et al.* 1990, en hojas de *Malus Domestica*, todas con hojas similares a *Caraipa utilis*), quienes encontraron que el largo presenta un mejor ajuste frente al ancho de la hoja. Por el contrario, en otros estudios se reportó que es el ancho el parámetro que mejor estima el área foliar (Pire y Valenzuela, 1995) con valores superiores a 0,900 ( $p = > 0,001$ ).

El modelo lineal que presenta mejor ajuste para estimar el área foliar fue el III ( $AF = 281,757 + 0,473284LxA$ ), con un coeficiente de determinación positiva alta de 0,774, y con el  $S_x$  más bajo (270,484). Respecto al  $S_x$  del modelo III, es posible que la amplitud de los valores  $LxA$  sea mayor, y por tanto, el estimado tiene una alta dispersión y mayor grado de confiabilidad. La elección del  $LxA$  para desarrollar ecuaciones de regresión que permitan estimar de mejor manera el área foliar ha sido validada ampliamente en otras investigaciones (Meza y Bautista, 1999; Calderon *et al.*, 2009; Pentón *et al.* 2006; Cittadini y Peri, 2006; Singh, 2007; Cabezas - Gutierrez *et al.* 2009). Según De Lima *et al.*, (2007) en una investigación con *Mangifera indica*, la elección de la  $LxA$  puede ser justificada debido a que esta especie no presenta poliformismo foliar en diferentes edades de su crecimiento, teniendo sus hojas una forma lanceolada durante todo su ciclo de vida. Respecto a lo anterior, Hinnah *et al.* 2004, menciona que la forma de la hoja y su variación en el periodo de crecimiento es un aspecto importante en el desarrollo de modelos de estimación. Sin embargo, desarrollar modelos para cada edad o tamaño de hojas no es justificad debido a las pequeñas mejorías alcanzadas en la estimación del área foliar. Esta explicación puede ser aplicada a *Caraipa utilis* Vásquez, considerando la forma de la hoja (elíptica) de esta especie.

Utilizando el criterio propuesto por Meza y Bautista (1999) y Piere y Valenzuela (1995) se seleccionó al modelo III por presentar el mayor valor de  $R^2$  y menor  $S_x$ . La concentración de los residuos estudentizados valida el modelo III (Fig. 01), sin embargo, se puede notar la presencia de valores *outliers* e influyentes (Ver tabla 09). Esto indica que el modelo, aun presentado un valor de  $R^2$  moderadamente fuerte, no puede ser utilizado para estudios que requieran un alto nivel de precisión en los datos estimados. Debido a los posibles efectos de tener 7 puntos con más de 5 veces el valor de influencia normal, y 14 puntos con más de 3 veces el valor de influencia promedio, se desarrolló regresiones polinómicas para estimar el área foliar de las hojas con un mayor grado de precisión.

De los modelos matemáticos construidos en base al LxA de la lámina, existen dos modelos que presentan los valores de  $R^2$  más elevados, el cuadrático y cubico con 0,783, siendo el cuadrático el que presenta un menor error estándar de estimación de 265,539. De esta manera se determinó que el modelo cuadrático presenta un mejor ajuste para estimar el área foliar en *Caraipa utilis* Vásquez. Un resultado distinto fue reportado por Pentón *et al.*, (2006), quienes afirman que el modelo lineal es tiene un valor de  $R^2$  marcadamente superior al modelo cuadrático, probablemente debido a la diferencia en la forma de las hojas de *Morus alba* y *Caraipa utilis* Vásquez. Puesto que en el modelo cuadrático la significancia es menor a 0,05 (Ver cuadro 05), el análisis de varianza del modelo muestra que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que la función  $Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549 X^2$  es adecuada para describir los datos observados en estudios que requieren mayor precisión en la obtención de datos.

De acuerdo a la validación de los modelos, el modelo lineal  $y = 281,757 + 0,473284 AxL$  y el modelo cuadrático  $Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549 X^2$  produjeron coeficientes de determinación de 0,7738 y 0,9986, lo que indica que ambos modelos pueden ser utilizados para estimar el área foliar de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez. Para el modelo cuadrático  $R^2$  entre los valores medidos y esperado, fundamenta el uso de este modelo para con seguridad y precisión. La elección del modelo a utilizar dependerá del propósito y grado de precisión de la investigación.

Este tipo de métodos ya han sido utilizados y validados por otros autores en diferentes tipos de plantas, como cultivos semestrales (Paksen, 2007; De Swart *et al.*, 2004), cultivos hortícolas (Gutiérrez y Lavin, 2000; Cittadini y Peri, 2006; Mendoza de Gyves *et al.* 2007) y en algunas especies leñosas (Singh, 2007; Broadhead *et al.* 2003; Peper y McPherson, 2003).

Las mediciones lineales realizadas a las hojas no constituyeron muestreos destructivos y a la vez fueron fácilmente realizables, por lo que estas mediciones pueden ser repetibles en el tiempo. Así mismo, la alta correlación encontrada entre el producto del largo por ancho de la lámina y el área foliar hace apropiados y confiables estos procedimientos de estimación, aceptando la hipótesis de que los parámetros de longitud y ancho de la lámina foliar si permiten desarrollar un modelo matemático para estimar el área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez, siendo este parámetro un aporte a la elaboración de planes de manejo en un Varillal de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.

## XI. CONCLUSIONES

1. Las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez tiene un ancho promedio de 32,55 mm., en tanto que el largo promedio es de 74,95 mm.
2. El área foliar medido promedio de las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez es de 1474,64 mm<sup>2</sup>., lo que ubica a la especie dentro de la categoría 6, tipo macrófila, de acuerdo a la clasificación de Webb (1959).
3. Los modelos matemáticos construidos a partir regresiones lineales simples y cuadráticas (Regresión polinómica) en base al largo por ancho de la lámina foliar presentaron un mejor ajuste para estimar el área foliar. La ecuación de tipo lineal simple desarrolló el siguiente modelo:  $y = 281,757 + 0,473284 x$ , con R<sup>2</sup> de 0,774 y S<sub>x</sub> de 270,484. La ecuación de tipo cuadrática presento el siguiente modelo:  $Y = 63,205 + 0,63066 X - 0,0000238549X^2$ , con un valor de R<sup>2</sup> de 0,783 y S<sub>x</sub> de 265,539.
4. Se puede utilizar ambos modelos para estimar el área foliar de las hojas para esta especie.
5. Se recomienda el uso del modelo cuadrático para estudios que requieren mayor precisión en la obtención de datos, debido a que el coeficiente de determinación entre los valores observados y esperados del área foliar presento una correlación positiva muy alta de 0,9986.
6. Los modelos basados en el producto del largo por ancho de la hoja parecen ser los más adecuados para esta especie, ya que estos tienen mayor precisión, son más prácticos y más fáciles de medir.
7. Los parámetros de longitud y ancho de la lámina foliar si permiten desarrollar un modelo matemático para estimar el área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez, datos que contribuirán a la elaboración de planes de manejo de esta especie.

## XII. RECOMENDACIONES

1. Incluir el área foliar de *Caraipa utilis* Vásquez en la elaboración de planes de manejo sostenible en los Varillales de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana.
2. Se recomienda realizar estudios complementarios en *Caraipa utilis* Vásquez, como por ejemplo, relacionar su área foliar con otros rasgos de la planta, como la dureza o diámetro del fuste de la especie.
3. Es recomendable calcular el índice de área foliar y desarrollar estudios del sistema vascular de *Caraipa utilis* Vásquez para confirmar la dependencia del tamaño de las hojas a las limitaciones físicas.
4. Continuar realizando estudios similares abarcando otras especie de importancia para el ecosistema Varillal (*Caraipa punctulata*, *Haploclathra paniculada* o *Pachira brevipes*).
5. Desarrollar modelos matemática para estimar el área foliar de las principales especie forestales en la amazonia peruana (*Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Virola sebifera*).

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

- AHUIE, M.; GARCÍA, R.; ROUKOLAINEN, K. 2003. Preferencia de cuatro especies de plantas al drenaje y la altura en los bosques sobre arena blanca en la zona reservada Allpahuayo – Mishana. *Folia amazónica* 14 (1): 149 - 157.
- ASTEGIANO, E., FAVARO, J., BOUZO, C. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. *Investigación Agraria* 16 (2): 249 – 256.
- ALEGRÍA, W.; TELLO, R.; YARA, M.; ÁLVAREZ, LUIS.; MACEDO, LUIS.; RAMÍREZ, FREDY, PACHECO, TEDY. 2010. Dinámica de la regeneración natural en claros y frecuencias de claros en bosques de Varillal húmedo, Loreto, Perú. *Conocimiento amazónico* 1 (1): 3 – 2.
- AYMARD, G y CAMPBELL, L. 2008. *Caraipa andina* (Clusiaceae), una nueva especie de los andes venezolanos, y sus implicaciones biogeográficas. *Rodriguésia* 59 (2): 392 – 398.
- BERNTSON, G y WEINER, J. 1990. Estructura del tamaño de poblaciones dentro de poblaciones: Números de hojas y tamaño en individuos agrupados y no agrupados de *Impatiens pallida*. *Oecología* 85: 327 - 331.
- BURGA, A. 1994. Determinación de la estructura diamétrica total y por especie en tres tipos de bosque de Iquitos, Perú. Tesis (Ingeniero forestal). Iquitos, Peru. 139 p. En: ALEGRÍA, W.; TELLO, R.; YARA, M.; ÁLVAREZ, LUIS.; MACEDO, LUIS.; RAMÍREZ, FREDY, PACHECO, TEDY. 2010. Dinámica de

la regeneración natural en claros y frecuencias de claros en bosques de Varillal húmedo, Loreto, Perú. *Conocimiento amazónico* 1 (1): 3 – 12.

BROADHEAD, S.; MUXWORTHY, R.; ONG, .K.; BLACK, R. 2003. Comparación de métodos para la determinación del área foliar en filas de árboles. *Agric. Forest. Meteorol* 115: 151 – 161.

CABEZAS – GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, F.; DUARTE, H.; COLORADO, J.; LORA, R. 2009. Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. *Actualidad y Divulgación científica* 12 (1): 121 – 130.

CALDERÓN, A.; SOTO, F.; CADERON, M., FUNDORA, L. 2009. Estimación de área foliar en posturas de Mango (*Mangifera indica* L.) y Aguacate (*Persea* spp) en fase de vivero a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos tropicales* 30 (1): 43 – 48.

CITTADINI, D y PERI, L. 2006. Estimación del área foliar en Cerezos usando un método no destructivo. *RIA* 35 (1): 143 – 150.

CONNELL, J. y LOWMAN, D. 1989. Bosques lluviosos tropicales de baja densidad: Algunos posibles mecanismos para sus existencias. *The American Naturalist* 134: 88 - 119.

CHASE, M. 2009. APG III: Una actualización de la clasificación del grupo filogenético de las angiospermas para los órdenes y familias de las plantas con flores. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105 – 121.



Decreto Supremo N° 043 - 2006 – AG. Aprueban la categorización de especies amenazadas de flora silvestre. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 13 de Julio del 2006.

DE LIMA, R.; DE OLIVEIRA, P.; CHAGAS, J.; ALVES, M. 2007. Modelos para estimar el área foliar de mango utilizando medidas lineales. *Revista brasileira de fruticultura Jaboticabal* 34: 974 – 980.

DE SWART, M.; GROENWOLD, R.; KANNE, J.; STAM, P.; MARCELLIS, M.; VOORRIPS, E. 2004. Estimación no destructiva del área foliar para diferentes edades de plantas y accesiones de *Capsicum annum* L. *Hortic. Sci. Biotec.* 79: 764 - 770.

DE OÑATE, R. 2012. Caracterización y aprovechamiento de los Varillales amazónicos. Contribución a la economía de las comunidades locales. Tesis doctoral (Ingeniería de Montes). Madrid. España. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros de montes. 69, 88.

ESPÍRITU, J y PANDURO, R. 2010. La madera redonda en la construcción de viviendas rurales en las zonas de Puerto Almendra, Zungarococha y Nina Rumi, Loreto, Perú. *Conocimiento amazónico* 1(1): 13 – 21.

FAO. 1989. La diversidad de los bosques. En: FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación Colección FAO Agricultura 21. Roma. Italia. 53 p.

FAO. 2010. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES. Documento de trabajo 144/S. Roma. Italia. 53 p.

- FINE, P.; GARCÍA, R.; PITMAN, NIGEL.; MESONES, I.; KEMBEL, S. 2010. Un estudio florístico de los bosques de arena blanca del Perú. *Anales del Jardín Botánico Missouri* 97 (3): 283 – 305.
- FONT, P. 1985. Diccionario de Botánica. Ediciones Península, Barcelona, España. 1244 p.
- GARCIA, V.; AHUITE, R.; OLÓRTEGUI, Z. 2003. Clasificación de bosques sobre arena blanca de la zona reservada Allpahuayo – Mishana. *Folia amazónica* 14 (1): 17 – 33.
- GUERRERO, N.; OLARTE, M.; PÉREZ, J. 2008. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista de la facultad agraria de Medellín* 65 (1): 6399 – 6405.
- GUTIÉRREZ, A y LAVÍN, A. 2000. Mediciones lineales en la hoja para la estimación no destructiva del área foliar en vides cv. Chardonnay. *Agricultura Técnica*. 60 (1): 9 – 17.
- HARMS, K.; CONDIT, R.; HUBBELL, S.; FOSTER, R. 2001. Asociaciones de hábitat de árboles y arbustos en una parcela de 50 ha en un bosque neotropical. *Revista de Ecología*. 89: 947 – 959.
- HINNAH, F.; HELDWEIN, A.; MALDANER, I.; LOOSE, L.; PITOL, D.; BORTOLUZZI, M. 2014. Estimación del área foliar de berengena por dimensiones de área. *Bragantia* 73: 213 – 218.
- HIKOSAKA, K.; ISHIKAWA, K.; BORJIGIDAI, A.; MULLER, O.; ONODA, Y. 2006. Aclimatación de la temperatura de la fotosíntesis: Mecanismos implicados en

- los cambios en la dependencia de la temperatura de la fotosíntesis. *Revista de botánica experimental* 57: 291 – 302.
- HONORIO, E.; PENNINGTON, T.; FREITAS, L.; NEBEL, G.; BAKER, T. 2008. Análisis de la composición florística de los bosques de Jenaro Herrera, Loreto, Perú. *Revista peruana de biología* 15 (1): 53 – 60.
- IIAP. 2004. Bases biofísicas y propuestas de zonificación y de programas para el plan maestro de la Zona Reservada Allpahuayo – Mishana. Documento técnico N° 10. BIODAMAZ. Iquitos. 5 p.
- INRENA. 2003. Técnicas de Manejo Forestal. Inventarios para la elaboración de Planes de manejo. Pucallpa. Perú. 29 p.
- JENSEN, KAARE y ZWIENEICKI, MACIEJ. 2013. Límites físicos al tamaño de hojas en árboles grandes. *Physical review letters* 13 (1): 1 – 5.
- KLEIMAN, D; AARSSSEN, L. 2007. La compensación entre el tamaño y número de hojas en los árboles. *Revista de ecología* 95: 376 – 382.
- LEÓN, B. 2006. Clusiaceae endémicas del Perú. *Revista peruana de biología* 13 (2): 261 – 264.
- MENDOZA DE GYVES, M.; ROUPHAEL, Y.; CRISTOFOTI, V.; MIRA, R. 2007. Un modelo preciso y simple no destructivo para la estimación del área foliar individual de Kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Fruits* 62: 171 – 175.
- MEZA, N y BAUTISTA, D. 1999., Estimación del área foliar en plantas de Níspero *Manilkara achras* [Miller] Fosberg sometidas a dos ambientes de luz. *Bioagro*, 11(1): 24 – 28.

- NAUTIVAL, M.; SINGHT, P.; SUKLA, R.; PRAKASH, S.; KUMAR, A. 1990. Corrección de la medida del área foliar por métodos convencionales: Un nuevo enfoque para manzanas (*Malus domestica* Borkh). *Revista de horticultura científica* 65 (1): 15 – 18.
- PAKSEN, E. 2007. Modelo para la estimación no destructiva del área foliar para faba vean (*Vicia faba* L.). *Scientia Hort.* 113: 322 – 328.
- PANDEY, S y SINGH, H. 2011. Un método simple y rentable para la estimación del área foliar. *Journal of Botanic*: 1 – 6.
- PANDURO, M. 1992. Diversidad arbórea de un bosque tipo Varillal. Tesis (Ingeniero Forestal). Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Perú. 32 p. En: ALEGRÍA, W.; TELLO, R.; YARA, M.; ÁLVAREZ, LUIS.; MACEDO, LUIS.; RAMÍREZ, FREDY, PACHECO, TEDY. 2010. Dinámica de la regeneración natural en claros y frecuencias de claros en bosques de Varillal húmedo, Loreto, Perú. *Conocimiento amazónico* 1 (1): 3 – 12.
- PAREDES, M. 2012. Documento temático. Microzonificación ecológica y económica del área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta. *Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana*. Iquitos. Perú. 94
- PENTÓN, G.; TORRES DE LA NOVAL, W.; MARTIN, G. 2006. Estimación del área foliar a partir de observaciones morfológicas convencionales en *Morus alba* var. Acorazonada. *Pastos y forrajes* 29 (3): 247 p.
- PEPER, J y MCPHERSON, G. 2003. Evaluación de cuatro métodos para la estimación del área foliar de árboles aislados. *Urban For. Urban Green* 2: 19 – 29.

- PETIT, B. P. 1968. Algunas características de las hojas de los árboles en tres tipos de bosques tropicales de Bajuna. Tesis (Magister Scientiae). Turrialba, Costa Rica. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. 2, 5, 8, 11, 12 pp.
- PIRE, R. y VALENZUELA, I. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. 'FRENCH COLOMBARD' a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía tropical* 45 (1): 143 – 154.
- RAMIS, C.; ROMERO, R.; ALONSO, S. 2005. Humedad relativa. Enciclopedia del agua. Estados Unidos. 7p.
- Real Jardín Botánico KEW. Clusiaceae neotropical. 2009. <<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Clusiaceae.htm>>
- ROJAS, R. y TELLO, R. 2006. Abundancia y stock de la regeneración natural de especies forestales en el bosque Varillal del CIEFOR, Iquitos- Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 12 – 14 pp.
- SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P. 1971. Producción de fotosíntesis en las plantas. Manual de medición. Editorial Junk. Holanda.
- SEPULVEDA, G Y KLIEVER, M. 1983. Estimación del área foliar de dos cultivares de viña (*Vitis vinífera* L.) usando medidas lineales y peso fresco. *J. Enol. Vitic* 34: (4): 221 – 226.
- SINGH, A. 2007. Aproximación del área foliar usando las dimensiones de la hoja en guava. *Acta Hortícola* 735: 321 – 324.
- STROPP, J.; VAN DER SLEEN, P.; ASSUNCAO, P.; DASILVA, A. y TER STEEGE, H. 2011. Comunidad de árboles de bosques de arena blanca y bosques de

tierra firme en la parte superior del río Negro. *Acta Amazonica*. 41(4) 521 – 544.

TELLO, E. 1995. Caracterización ecológica por métodos de sextantes, en el CIEFOR – Puerto Almendras. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ingeniería Forestal. Iquitos. Perú. 105 p. En: ALEGRÍA, W.; TELLO, R.; YARA, M.; ÁLVAREZ, L.; MACEDO, L.; RAMIREZ, F.; PACHECO, T. 2010. Dinámica de la regeneración natural en claros y frecuencias de claros en bosques de Varillal húmedo, Loreto, Perú. *Conocimiento amazónico* 1 (1): 3 – 12.

The plant list. A working list of all plant species. Enero 2013.  
<<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Clusiaceae/>>

UGALDE, L. 1981. Conceptos básicos de dasometría. INFORAT. Turrialba. Costa Rica. 11 p.

VÁSQUEZ, R. 1997. Flórala de las Reservas Biológicas de Iquitos, Peru. Jardin Botánico de Missouri. Botanical Garden Press. St. Louis. USA. 1 046 p.

VELA, D. 2013. Analisis multivariable de características anatomicas morfologicas de *Calophyllum* (Calophyllaceae) en Sudamerica. *Botanical Journal of the Linnean Society* 171: 587 – 626 pp.

WARNOCK, R.; VALENZUELA, JAGGER.; TRUJILLO, A.; MADRIZ, P.; GUTIÉRREZ, M. 2006. Área foliar, componentes del área foliar, y rendimientos de seis genotipos de Cara. *Agronomía tropical* 56 (1): 21 - 42.

WEBB, J. 1959. Una clasificación fisionómica de los bosques lluviosos de Australia. *Journal of ecology*. 47: 551 – 570.

- WRIGHT, I.; ACKERLY, D.; BONGERS, F.; HARMS, K. 2007. Relación entre la dimensión de la importancia ecológica en la variación de rasgos en siete bosques tropicales. *Anales de botánica* 99: 1003 – 1015.
- YANG, D. y LI, G.; SUN, S. 2008. La generalidad del tamaño de las hojas versus el intercambio en especies leñosas templadas. *Anales de botánica* 102: 623 – 629.
- YATES, M.; VERBOOM, A.; REBELO, A.; CRAMER, M. 2009. Significancia ecofisiológica de la variación del tamaño de las hojas en Proteaceae de la región florística del Cabo. *Ecología funcional* 24: 485 – 492.
- ZAMORA, M. 2010. Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. Tesis (Ingeniero Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica. 22 p.
- ZÁRATE, R.; MORI, T.; MACO, J. 2013. Estructura y composición florística de las comunidades vegetales del ámbito de la carretera Iquitos – Nauta, Loreto, Perú. *Folia amazónica* 22 (1 - 2): 77 – 89.
- ZÁRATE, R.; MORI, T.; VALLES, L. 2012. Composición florística, diversidad y estructura de los Bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo - Mishana, Loreto, Perú. *Arnaldoa*. 19 (2): 211 – 224.
- ZÁRATE, R.; MORI, T.; RAMÍREZ, F.; DÁVILA, H.; GALLARDO, G.; COHELLO, G. 2015. Lista actualizada y clave para la identificación de 219 especies arbóreas de los bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Perú. *Acta Amazonica* 45 (2): 133 – 156.

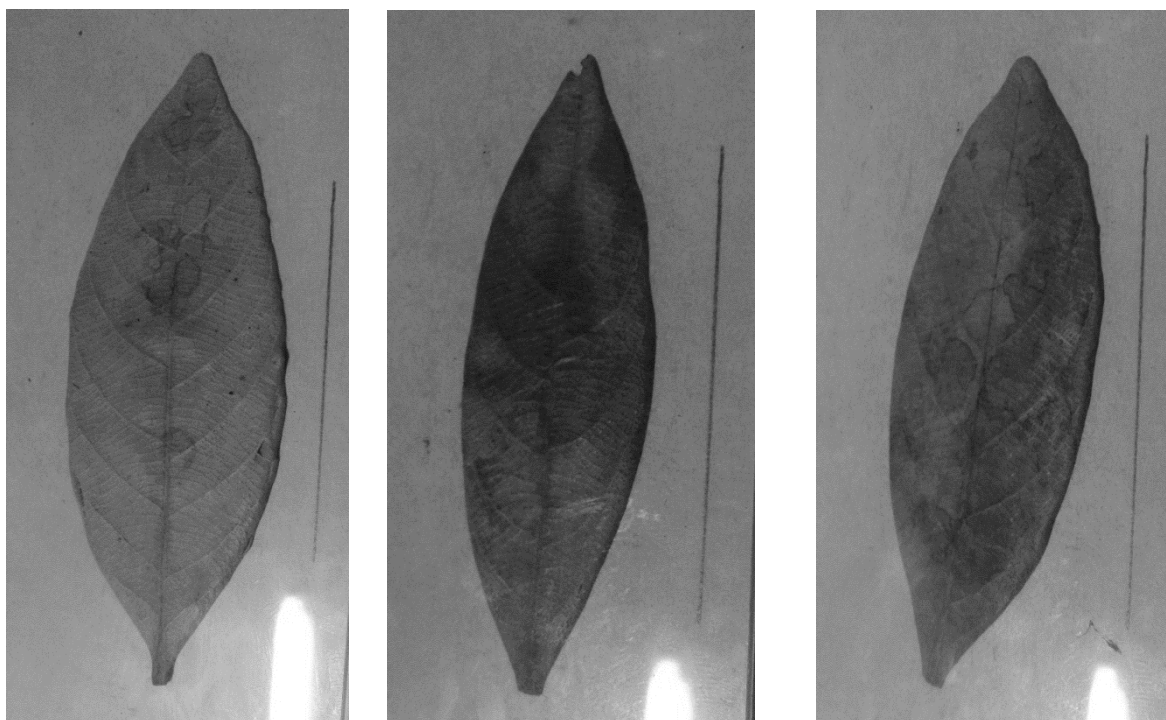
## ANEXOS

**Tabla 12.** Tamaño de las hojas de las especies del genero *Caraipa*.

Especie	Largo		Ancho	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
<i>Caraipa utilis</i> Vásquez	137,1	26,38	76	16,3
<i>Caraipa utilis</i> Vásquez*	100	50	42	23
<i>Caraipa densiflora</i> Mart	140	55	45	25
<i>Caraipa jaramilloi</i> Vásquez	120	60	40	20
<i>Caraipa tereticaulis</i>	125	50	50	23
<i>Caraipa valioi</i>	180	130	90	50
<i>Caraipa punctulata</i>	210	140	80	50
<i>Caraipa grandiflora</i>	280	160	90	55
<i>Caraipa andina</i> Aymard**	90	60	50	30

\* Única medida registrada para las hojas de *Caraipa utilis* Vásquez (Vásquez, 1997).

\*\* Nueva especie de *Caraipa* registrada en Venezuela (Aymard y Cambell, 2008).



Hoja 8

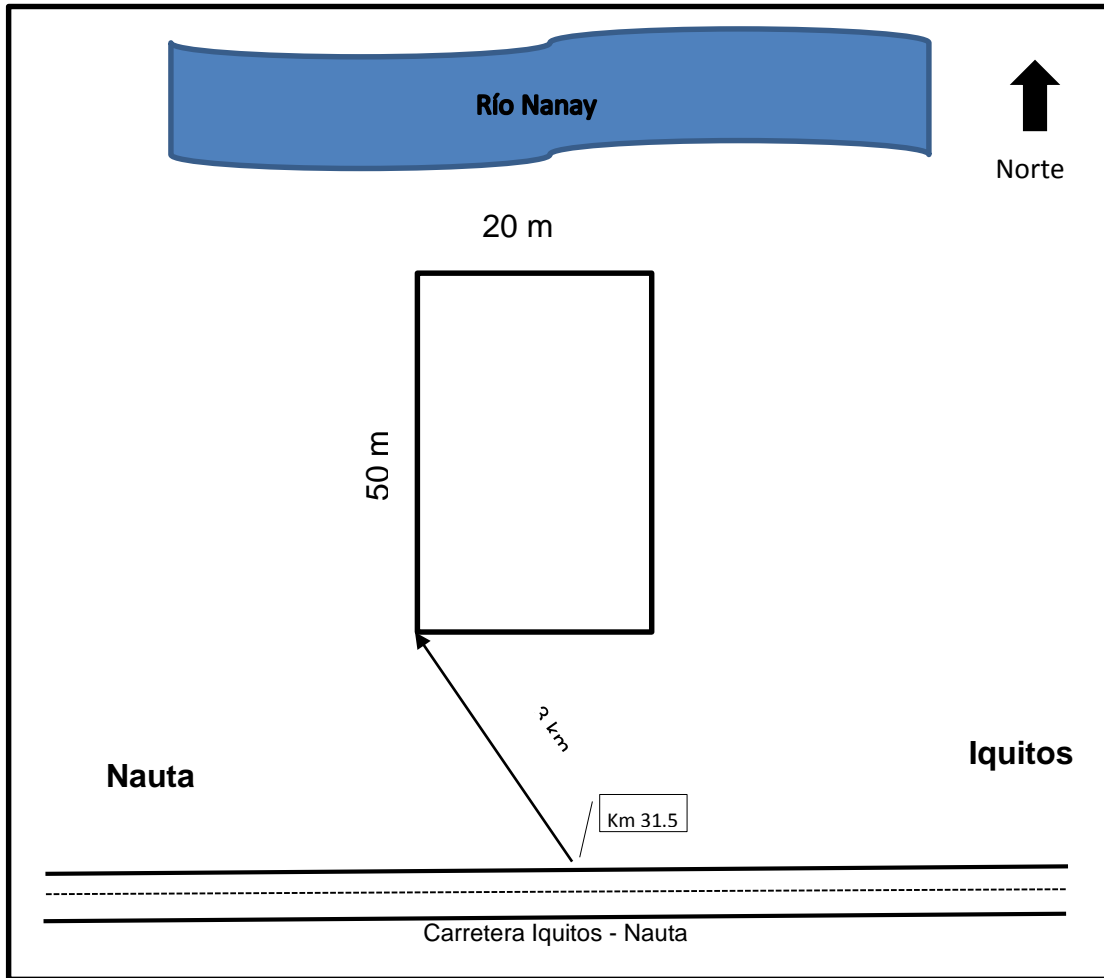
Hoja 44

Hoja 37

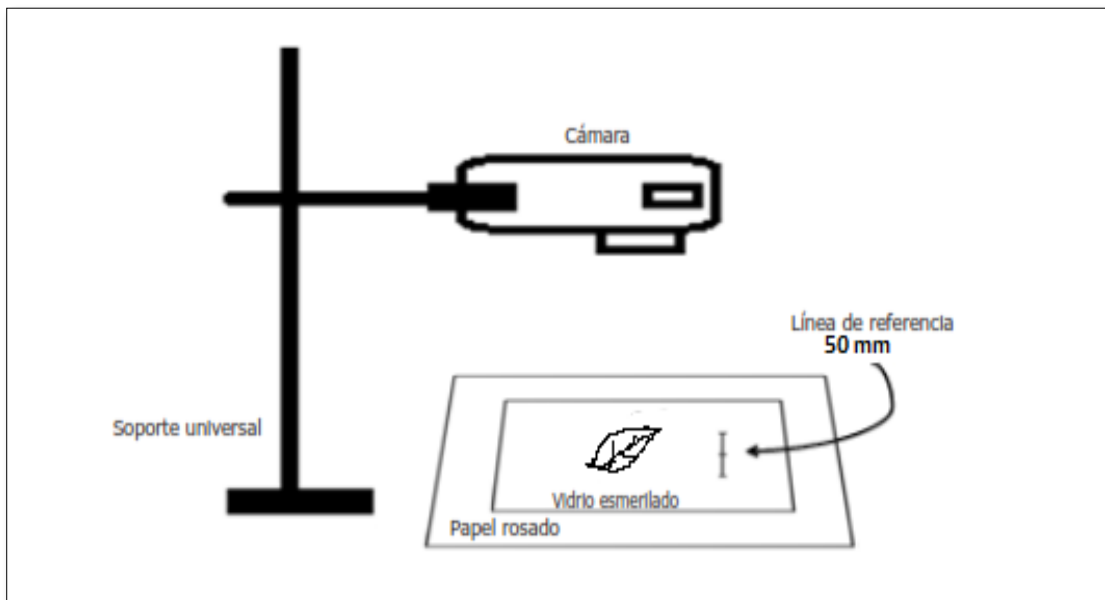
\* La línea marcada corresponde a 50 mm para las tres fotos.

**Figura 04.** Tamaño y forma de *Cariapa utilis* Vásquez.



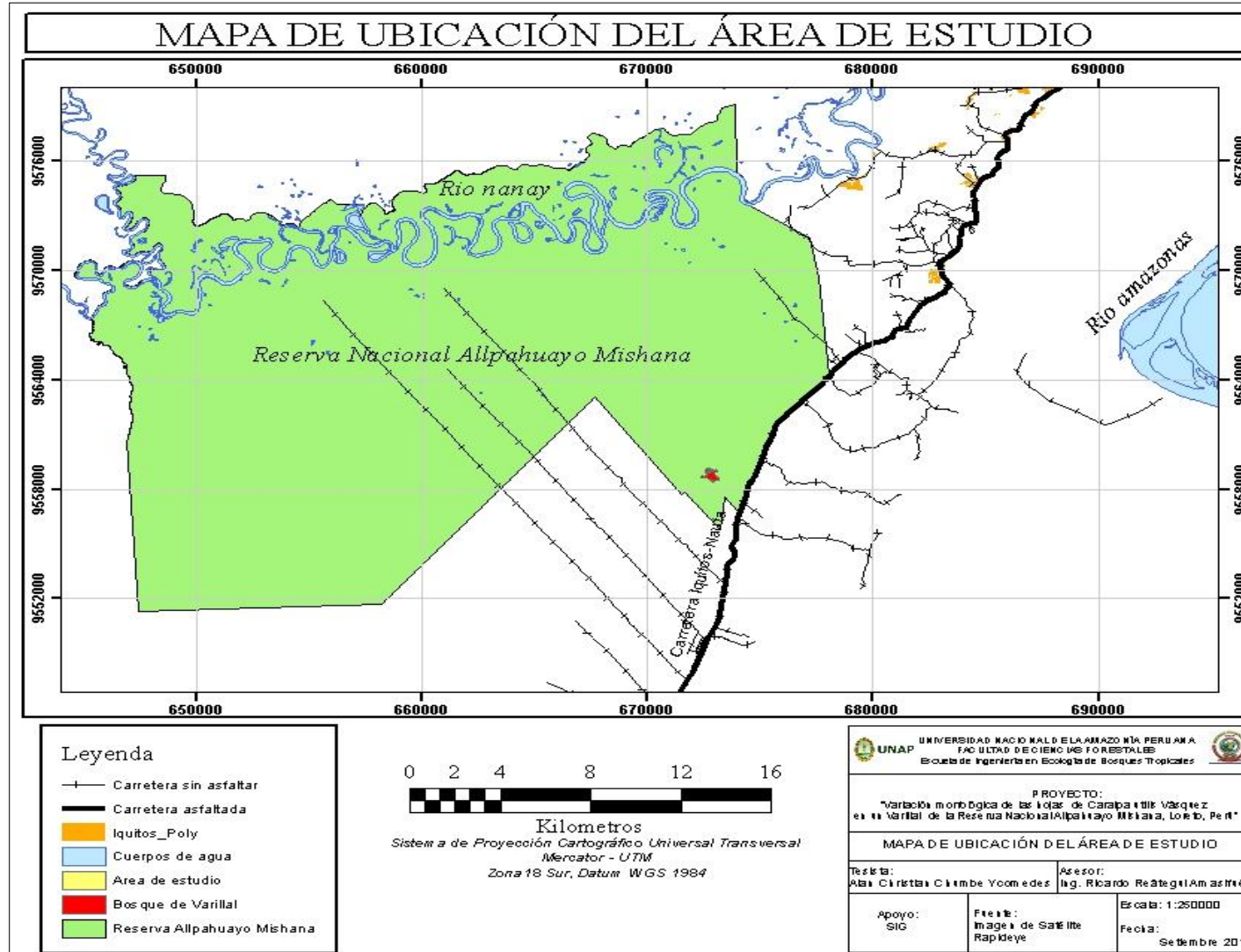


**Figura 05.** Diseño de la parcela de estudio en el bosque de Varillal.



**Figura 06.** Montaje para fotografía de láminas foliares.

### MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



MAPA DE UBICACION EN EL PERÚ



MAPA DE UBICACION EN LORETO



DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA



**Tabla 13.** Valores de largo, ancho, área foliar calculada por el programa, y área foliar estimada por los modelos matemáticos.

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
1	1	137,10	61,60	8445,36	3920,61	4278,81	3687,93
1	2	98,40	31,10	3060,24	2076,09	1730,12	1769,77
1	3	72,10	49,40	3561,74	1820,75	1967,47	2006,83
1	4	69,10	43,60	3012,76	1573,26	1707,65	1746,71
1	5	58,40	26,48	1546,43	809,52	1013,66	981,43
1	6	56,70	34,20	1939,14	1150,80	1199,52	1196,44
1	7	102,22	44,30	4528,35	2488,60	2424,95	2429,89
1	8	74,88	31,38	2349,73	1522,01	1393,85	1413,38
1	9	88,40	41,10	3633,24	1937,26	2001,31	2039,65
1	10	75,28	34,20	2574,58	1409,28	1500,26	1528,77
1	11	73,60	36,20	2664,32	1335,75	1542,74	1574,15
1	12	55,80	26,68	1488,74	830,84	986,36	949,23
1	13	76,40	31,40	2398,96	1323,45	1417,15	1438,85
1	14	106,48	59,68	6354,73	3097,68	3289,35	3107,56
1	15	63,58	40,00	2543,20	1365,24	1485,41	1512,81
1	16	81,30	43,40	3528,42	1843,81	1951,70	1991,45
1	17	60,00	28,20	1692,00	906,90	1082,55	1061,99
1	18	66,00	39,00	2574,00	1398,17	1499,99	1528,47
1	19	96,20	58,80	5656,56	3001,60	2958,92	2867,29
1	20	75,60	34,80	2630,88	1405,14	1526,91	1557,28
1	21	86,80	37,40	3246,32	1729,51	1818,19	1859,13
1	22	58,70	30,00	1761,00	939,05	1115,21	1099,82
1	23	91,50	57,20	5233,80	2743,60	2758,83	2710,50
1	24	69,26	37,40	2590,32	1342,73	1507,72	1536,76
1	25	57,00	26,48	1509,36	869,27	996,11	960,75
1	26	80,60	54,00	4352,40	2326,99	2341,68	2356,20
1	27	84,18	44,72	3764,53	2020,30	2063,45	2099,28
1	28	57,46	39,30	2258,18	1262,48	1350,52	1365,70
1	29	59,18	38,62	2285,53	1316,84	1363,46	1379,99

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
1	30	55,46	27,70	1536,24	911,46	1008,84	975,75
1	31	47,00	29,40	1381,80	739,45	935,74	889,10
1	32	62,90	34,00	2138,60	736,73	1293,92	1302,83
1	33	50,00	29,52	1476,00	849,14	980,32	942,09
1	34	79,12	29,52	2335,62	1333,43	1387,17	1406,06
1	35	55,40	29,22	1618,79	865,05	1047,90	1021,60
1	36	62,10	32,08	1992,17	1199,12	1224,62	1224,91
1	37	63,40	32,00	2028,80	1203,45	1241,96	1244,50
1	38	68,00	26,00	1768,00	986,14	1118,52	1103,65
1	39	54,40	31,32	1703,81	935,93	1088,14	1068,48
1	40	49,40	19,64	970,22	588,52	740,94	652,63
1	41	64,20	34,80	2234,16	1315,64	1339,15	1353,13
1	42	66,00	29,86	1970,76	1116,38	1214,49	1213,43
1	43	39,22	27,00	1058,94	589,55	782,94	704,29
1	44	51,40	27,18	1397,05	749,68	942,96	897,71
1	45	48,00	24,00	1152,00	647,37	826,98	758,07
1	46	59,84	29,00	1735,36	956,30	1103,08	1085,79
1	47	64,00	24,00	1536,00	1018,30	1008,72	975,62
1	48	64,00	21,70	1388,80	769,07	939,05	893,06
1	49	101,90	41,52	4230,89	2140,37	2284,17	2304,44
1	50	43,24	23,24	1004,90	506,43	757,36	672,86
2	1	89,10	39,16	3489,16	1735,17	1933,12	1973,26
2	2	80,68	27,54	2221,93	1336,25	1333,36	1346,71
2	3	57,80	28,84	1666,95	866,96	1070,70	1048,20
2	4	64,22	22,10	1419,26	847,11	953,47	910,23
2	5	62,22	27,20	1692,38	148,97	1082,74	1062,20
2	6	81,00	29,00	2349,00	1308,11	1393,50	1413,00
2	7	73,30	33,00	2418,90	1227,24	1426,58	1449,13
2	8	93,00	35,00	3255,00	1656,21	1822,30	1863,26
2	9	83,74	32,40	2713,18	1400,93	1565,86	1598,69
2	10	64,10	28,60	1833,26	925,33	1149,41	1139,20
2	11	70,30	26,26	1846,08	959,90	1155,48	1146,15

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
2	12	83,00	25,24	2094,92	1105,12	1273,25	1279,70
2	13	77,28	26,24	2027,83	1105,71	1241,50	1243,98
2	14	72,66	28,24	2051,92	1174,36	1252,90	1256,83
2	15	50,80	26,00	1320,80	716,25	906,87	854,57
2	16	62,72	22,62	1418,73	796,95	953,22	909,92
2	17	74,62	30,00	2238,60	1446,51	1341,25	1355,46
2	18	74,40	35,30	2626,32	1236,11	1524,75	1554,98
2	19	93,30	36,38	3394,25	1483,59	1888,20	1928,99
2	20	84,62	33,74	2855,08	1552,19	1633,02	1669,34
2	21	86,90	32,66	2838,15	1565,40	1625,01	1660,96
2	22	91,80	28,72	2636,50	1373,76	1529,57	1560,12
2	23	80,40	27,10	2178,84	1103,94	1312,97	1324,06
2	24	78,24	30,40	2378,50	1325,04	1407,46	1428,27
2	25	81,90	32,80	2686,32	1470,31	1553,15	1585,22
2	26	74,20	30,10	2233,42	1249,22	1338,80	1352,74
2	27	102,22	37,06	3788,27	2033,41	2074,69	2109,98
2	28	87,18	30,00	2615,40	1299,58	1519,58	1549,46
2	29	83,40	30,18	2517,01	1214,80	1473,02	1499,45
2	30	82,86	32,00	2651,52	1386,62	1536,68	1567,70
2	31	90,50	33,10	2995,55	1416,62	1699,50	1738,32
2	32	81,60	27,58	2250,53	1256,21	1346,90	1361,70
2	33	72,20	34,30	2476,46	1377,51	1453,83	1478,71
2	34	85,18	27,00	2299,86	1281,08	1370,24	1387,46
2	35	75,60	28,40	2147,04	1203,93	1297,92	1307,29
2	36	66,00	29,28	1932,48	1034,15	1196,37	1192,86
2	37	72,00	31,38	2259,36	1198,36	1351,08	1366,32
2	38	68,70	25,26	1735,36	994,43	1103,08	1085,79
2	39	64,22	27,24	1749,35	978,06	1109,70	1093,45
2	40	88,46	31,00	2742,26	1486,19	1579,62	1613,25
2	41	69,22	30,00	2076,60	783,41	1264,58	1269,96
2	42	69,00	31,70	2187,30	1160,75	1316,97	1328,52
2	43	74,22	25,56	1897,06	1031,85	1179,61	1173,76

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
2	44	74,54	23,06	1718,89	960,73	1095,28	1076,76
2	45	57,36	26,60	1525,78	885,54	1003,88	969,92
2	46	71,28	20,24	1442,71	831,16	964,57	923,41
2	47	54,00	18,00	972,00	559,65	741,79	653,67
2	48	87,00	31,00	2697,00	1581,45	1558,20	1590,58
2	49	79,34	31,60	2507,14	1356,37	1468,35	1494,41
2	50	76,38	30,00	2291,40	1263,26	1366,24	1383,05
3	1	93,08	29,98	2790,54	1542,54	1602,47	1637,33
3	2	68,00	27,46	1867,28	1005,52	1165,51	1157,65
3	3	80,00	37,36	2988,80	1585,13	1696,31	1735,03
3	4	95,50	38,20	3648,10	1957,56	2008,34	2046,44
3	5	77,00	35,62	2742,74	1450,05	1579,85	1613,49
3	6	99,50	43,40	4318,30	2249,89	2325,54	2341,74
3	7	79,98	36,00	2879,28	1594,14	1644,47	1681,29
3	8	92,36	42,60	3934,54	2012,62	2143,91	2175,27
3	9	71,00	32,20	2286,20	1202,28	1363,78	1380,34
3	10	89,40	41,38	3699,37	1982,77	2032,61	2069,79
3	11	91,00	42,88	3902,08	1930,77	2128,55	2160,87
3	12	98,00	39,38	3859,24	1990,81	2108,27	2141,78
3	13	96,60	38,00	3670,80	1747,04	2019,09	2056,79
3	14	76,62	28,40	2176,01	1190,29	1311,63	1322,57
3	15	102,48	41,00	4201,68	2113,40	2270,34	2291,90
3	16	99,50	41,50	4129,25	2130,77	2236,06	2260,61
3	17	71,56	28,80	2060,93	1198,94	1257,16	1261,63
3	18	90,40	37,26	3368,30	1709,85	1875,92	1916,81
3	19	87,20	43,84	3822,85	2064,15	2091,05	2125,50
3	20	94,36	41,80	3944,25	2045,48	2148,51	2179,57
3	21	77,08	35,50	2736,34	1508,78	1576,82	1610,29
3	22	68,80	28,58	1966,30	974,77	1212,38	1211,04
3	23	99,62	43,00	4283,66	2241,30	2309,14	2327,01
3	24	65,80	29,62	1949,00	1105,15	1204,19	1201,74
3	25	89,00	38,00	3382,00	1821,03	1882,40	1923,25

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
3	26	70,36	22,30	1569,03	934,69	1024,35	994,00
3	27	67,00	27,00	1809,00	998,58	1137,93	1126,00
3	28	90,40	36,38	3288,75	1659,27	1838,27	1879,28
3	29	89,62	37,00	3315,94	1639,21	1851,14	1892,14
3	30	50,66	22,00	1114,52	610,14	809,24	736,46
3	31	74,56	33,48	2496,27	1387,25	1463,20	1488,85
3	32	95,00	46,64	4430,80	2404,44	2378,78	2389,21
3	33	101,00	38,58	3896,58	1953,31	2125,95	2158,43
3	34	71,14	30,00	2134,20	1168,61	1291,84	1300,51
3	35	73,22	25,80	1889,08	1030,16	1175,83	1169,44
3	36	89,50	40,88	3658,76	1987,21	2013,39	2051,30
3	37	80,30	32,60	2617,78	1385,58	1520,71	1550,66
3	38	59,18	29,42	1741,08	943,48	1105,78	1088,92
3	39	74,72	39,00	2914,08	1537,29	1660,94	1698,43
3	40	106,68	41,50	4427,22	2231,07	2377,09	2387,71
3	41	65,00	23,00	1495,00	764,35	989,32	952,73
3	42	44,20	18,74	828,31	491,03	673,78	569,22
3	43	101,18	44,86	4538,93	2181,78	2429,96	2434,27
3	44	47,46	31,24	1482,65	833,88	983,47	945,81
3	45	84,66	38,80	3284,81	1717,36	1836,40	1877,41
3	46	75,80	33,04	2504,43	1403,29	1467,06	1493,03
3	47	73,10	27,00	1973,70	1025,50	1215,88	1215,01
3	48	84,40	34,42	2905,05	1548,45	1656,67	1693,98
3	49	97,08	31,20	3028,90	1661,54	1715,29	1754,56
3	50	67,36	28,00	1886,08	1053,22	1174,41	1167,82
4	1	84,40	29,68	2504,99	1303,41	1467,33	1493,31
4	2	83,14	38,34	3187,59	1776,74	1790,39	1831,11
4	3	131,00	58,20	7624,20	3725,83	3890,17	3484,84
4	4	105,10	39,20	4119,92	2207,14	2231,65	2256,57
4	5	71,22	37,10	2642,26	1498,96	1532,30	1563,03
4	6	104,52	51,66	5399,50	2790,39	2837,26	2772,97
4	7	88,64	46,70	4139,49	2299,99	2240,91	2265,05

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
4	8	89,00	31,70	2821,30	1429,91	1617,03	1652,61
4	9	89,80	50,20	4507,96	2200,87	2415,30	2421,42
4	10	85,00	38,38	3262,30	1685,44	1825,75	1866,73
4	11	63,50	31,52	2001,52	1103,86	1229,04	1229,92
4	12	60,30	32,20	1941,66	1042,78	1200,71	1197,80
4	13	78,26	32,00	2504,32	1435,24	1467,01	1492,97
4	14	69,62	32,00	2227,84	1201,34	1336,16	1349,82
4	15	56,00	25,80	1444,80	849,12	965,56	924,59
4	16	84,24	34,42	2899,54	1636,18	1654,06	1691,27
4	17	50,00	16,30	815,00	424,90	667,48	561,35
4	18	91,72	32,00	2935,04	1605,91	1670,86	1708,72
4	19	112,64	61,00	6871,04	3370,69	3533,71	3270,28
4	20	87,06	36,38	3167,24	1620,17	1780,76	1821,36
4	21	60,20	31,22	1879,44	1133,36	1171,27	1164,23
4	22	49,19	19,52	960,19	628,22	736,20	646,76
4	23	103,66	53,76	5572,76	2950,20	2919,26	2836,89
4	24	84,10	42,48	3572,57	1941,97	1972,60	2011,81
4	25	81,00	36,60	2964,60	1498,37	1684,85	1723,20
4	26	54,55	21,40	1167,37	681,21	834,25	766,91
4	27	43,70	20,40	891,48	565,86	703,68	606,47
4	28	77,55	40,38	3131,47	2077,18	1763,83	1804,17
4	29	59,50	35,40	2106,30	1151,88	1278,64	1285,73
4	30	61,00	30,00	1830,00	948,78	1147,87	1137,43
4	31	104,52	45,08	4711,76	2736,48	2511,76	2505,13
4	32	101,40	48,70	4938,18	2468,17	2618,92	2595,80
4	33	76,08	40,00	3043,20	1823,63	1722,05	1761,51
4	34	119,60	44,00	5262,40	2486,24	2772,37	2721,38
4	35	89,40	42,34	3785,20	1880,13	2073,23	2108,59
4	36	46,78	22,26	1041,32	604,79	774,60	694,06
4	37	81,00	31,34	2538,54	1380,45	1483,21	1510,44
4	38	81,80	51,58	4219,24	2274,67	2278,66	2299,45
4	39	80,00	46,00	3680,00	1963,17	2023,44	2060,98



N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
4	40	92,40	43,12	3984,29	2156,07	2167,46	2197,25
4	41	83,12	38,40	3191,81	1735,75	1792,39	1833,13
4	42	132,00	53,60	7075,20	3430,78	3630,34	3331,11
4	43	120,56	54,22	6536,76	3332,96	3375,50	3166,38
4	44	58,50	35,86	2097,81	1153,24	1274,62	1281,23
4	45	92,20	32,62	3007,56	1662,59	1705,19	1744,18
4	46	60,00	40,00	2400,00	1301,78	1417,64	1439,38
4	47	81,48	42,48	3461,27	1739,89	1919,92	1960,30
4	48	98,80	49,76	4916,29	2566,61	2608,56	2587,14
4	49	98,60	31,08	3064,49	1664,69	1732,13	1771,83
4	50	78,00	37,20	2901,60	1552,78	1655,04	1692,29
5	1	76,30	30,56	2331,73	1281,45	1385,33	1404,03
5	2	84,38	29,18	2462,21	1359,15	1447,08	1471,40
5	3	74,38	25,10	1866,94	1074,33	1165,35	1157,46
5	4	76,40	23,00	1757,20	946,40	1113,41	1097,74
5	5	82,00	30,90	2533,80	1451,80	1480,96	1508,02
5	6	76,38	35,18	2687,05	1435,41	1553,49	1585,58
5	7	92,50	39,38	3642,65	1790,05	2005,76	2043,95
5	8	80,29	76,00	6102,04	1358,11	3169,75	3023,28
5	9	87,66	38,00	3331,08	1809,35	1858,30	1899,29
5	10	99,18	34,52	3423,69	1858,78	1902,14	1942,77
5	11	81,28	30,40	2470,91	1691,88	1451,20	1475,87
5	12	90,00	33,14	2982,60	1686,73	1693,37	1732,00
5	13	88,00	29,32	2580,16	1418,33	1502,91	1531,60
5	14	86,00	37,38	3214,68	1707,35	1803,21	1844,05
5	15	57,62	23,40	1348,31	884,51	919,89	870,16
5	16	84,28	26,18	2206,45	1387,53	1326,03	1338,59
5	17	92,60	41,00	3796,60	2084,27	2078,63	2113,72
5	18	26,38	18,72	493,83	1009,43	515,48	368,83
5	19	90,70	36,50	3310,55	1788,16	1848,59	1889,59
5	20	86,38	39,50	3412,01	1688,93	1896,61	1937,31
5	21	77,36	31,08	2404,35	1401,41	1419,70	1441,63

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
5	22	86,74	33,00	2862,42	1772,98	1636,49	1672,96
5	23	76,10	27,26	2074,49	1137,46	1263,58	1268,84
5	24	61,00	17,63	1075,43	2583,89	790,74	713,85
5	25	69,40	26,24	1821,06	976,71	1143,63	1132,56
5	26	103,82	42,38	4399,89	2371,47	2364,16	2376,23
5	27	85,00	33,30	2830,50	1511,32	1621,39	1657,17
5	28	98,00	32,58	3192,84	1615,17	1792,88	1833,62
5	29	111,16	39,28	4366,36	691,53	2348,29	2362,10
5	30	52,30	24,00	1255,20	737,03	875,82	817,23
5	31	94,34	37,40	3528,32	1690,12	1951,65	1991,40
5	32	77,00	29,60	2279,20	1271,23	1360,47	1376,68
5	33	82,80	35,52	2941,06	1574,17	1673,71	1711,67
5	34	92,82	43,70	4056,23	2117,81	2201,51	2228,82
5	35	69,28	32,00	2216,96	1135,04	1331,01	1344,11
5	36	63,80	25,00	1595,00	917,11	1036,64	1008,42
5	37	86,00	35,00	3010,00	1719,23	1706,34	1745,36
5	38	58,06	31,00	1799,86	1059,10	1133,60	1121,03
5	39	101,20	47,00	4756,40	2454,13	2532,89	2523,20
5	40	69,38	29,20	2025,90	1141,62	1240,58	1242,95
5	41	69,00	29,00	2001,00	1157,61	1228,80	1229,64
5	42	79,32	36,56	2899,94	1635,74	1654,25	1691,47
5	43	49,00	19,00	931,00	536,92	722,38	629,67
5	44	62,38	21,54	1343,67	797,90	917,69	867,53
5	45	55,16	25,38	1399,96	782,05	944,34	899,35
5	46	46,40	16,80	779,52	498,80	650,69	540,32
5	47	55,00	28,70	1578,50	826,30	1028,84	999,26
5	48	69,00	24,00	1656,00	983,16	1065,52	1042,16
5	49	63,12	27,56	1739,59	942,32	1105,08	1088,10
5	50	90,48	31,40	2841,07	1437,11	1626,39	1662,41
6	1	82,10	28,68	2354,63	1273,97	1396,16	1415,92
6	2	88,62	32,60	2889,01	1665,03	1649,08	1686,09
6	3	93,38	37,20	3473,74	1997,02	1925,82	1966,10

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
6	4	70,84	22,00	1558,48	984,67	1019,36	988,14
6	5	89,58	30,00	2687,40	1705,56	1553,66	1585,76
6	6	86,10	30,28	2607,11	1314,71	1515,66	1545,26
6	7	88,82	33,00	2931,06	1649,76	1668,98	1706,77
6	8	88,60	33,40	2959,24	1589,57	1682,32	1720,58
6	9	82,38	31,90	2627,92	1468,86	1525,51	1555,79
6	10	90,70	33,88	3072,92	1601,60	1736,12	1775,91
6	11	79,28	29,68	2353,03	1318,40	1395,41	1415,09
6	12	81,40	32,08	2611,31	1648,84	1517,65	1547,39
6	13	75,60	28,20	2131,92	1240,61	1290,76	1299,30
6	14	76,06	36,20	2753,37	1482,09	1584,88	1618,80
6	15	82,00	29,40	2410,80	1319,34	1422,75	1444,96
6	16	102,00	34,00	3468,00	1890,57	1923,11	1963,43
6	17	97,48	35,70	3480,04	1751,99	1928,80	1969,03
6	18	93,70	38,40	3598,08	1894,76	1984,67	2023,54
6	19	73,82	28,80	2126,02	1243,95	1287,97	1296,18
6	20	71,00	28,50	2023,50	1196,46	1239,45	1241,67
6	21	103,20	38,20	3942,24	1914,40	2147,56	2178,68
6	22	87,20	37,80	3296,16	1751,59	1841,78	1882,79
6	23	100,70	38,50	3876,95	1996,12	2116,66	2149,69
6	24	88,00	32,38	2849,44	1572,59	1630,35	1666,55
6	25	80,00	39,00	3120,00	1648,78	1758,40	1798,65
6	26	79,58	29,62	2357,16	1412,95	1397,36	1417,23
6	27	75,92	32,40	2459,81	1333,24	1445,94	1470,17
6	28	104,40	38,72	4042,37	2342,72	2194,95	2222,76
6	29	69,80	30,40	2121,92	1263,58	1286,03	1294,01
6	30	91,00	37,26	3390,66	1991,96	1886,50	1927,31
6	31	71,58	29,36	2101,59	1190,41	1276,41	1283,23
6	32	76,40	33,00	2521,20	1464,44	1475,00	1501,59
6	33	79,72	29,70	2367,68	1258,09	1402,34	1422,68
6	34	86,80	30,32	2631,78	1431,11	1527,33	1557,74
6	35	75,80	32,56	2468,05	1369,47	1449,84	1474,40

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
6	36	65,50	24,68	1616,54	972,32	1046,84	1020,35
6	37	80,60	28,00	2256,80	1437,90	1349,86	1364,98
6	38	76,20	27,00	2057,40	1207,06	1255,49	1259,75
6	39	69,42	30,30	2103,43	1344,86	1277,27	1284,21
6	40	71,80	22,60	1622,68	993,58	1049,75	1023,75
6	41	76,00	29,20	2219,20	1270,82	1332,07	1345,28
6	42	82,50	30,38	2506,35	1436,38	1467,97	1494,01
6	43	78,78	24,00	1890,72	1170,62	1176,60	1170,33
6	44	78,00	29,80	2324,40	1292,75	1381,86	1400,23
6	45	93,80	30,78	2887,16	1602,09	1648,21	1685,18
6	46	106,40	41,00	4362,40	2460,01	2346,41	2360,42
6	47	79,40	30,38	2412,17	1425,99	1423,40	1445,66
6	48	79,40	28,20	2239,08	1277,60	1341,48	1355,71
6	49	90,00	43,28	3895,20	2238,15	2125,29	2157,81
6	50	99,00	35,56	3520,44	2019,63	1947,92	1987,76
7	1	77,60	35,70	2770,32	1672,98	1592,91	1627,26
7	2	63,28	34,52	2184,43	1238,20	1315,61	1327,01
7	3	61,00	32,80	2000,80	1196,53	1228,70	1229,53
7	4	58,54	37,00	2165,98	1280,82	1306,88	1317,29
7	5	69,22	25,00	1730,50	1014,67	1100,77	1083,13
7	6	60,00	26,00	1560,00	987,12	1020,08	988,98
7	7	71,80	29,20	2096,56	1272,58	1274,03	1280,57
7	8	80,70	36,72	2963,30	1786,86	1684,24	1722,57
7	9	62,20	36,28	2256,62	1289,27	1349,78	1364,89
7	10	58,70	27,38	1607,21	948,42	1042,42	1015,19
7	11	63,70	25,68	1635,82	954,22	1055,96	1031,02
7	12	58,80	27,60	1622,88	990,92	1049,84	1023,86
7	13	59,44	27,00	1604,88	955,60	1041,32	1013,90
7	14	58,82	25,78	1516,38	960,17	999,44	964,67
7	15	54,50	27,80	1515,10	930,16	998,83	963,96
7	16	61,68	27,26	1681,40	958,03	1077,54	1056,15
7	17	67,00	35,28	2363,76	1388,10	1400,49	1420,65

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
7	18	67,78	29,00	1965,62	1143,52	1212,05	1210,68
7	19	50,00	24,00	1200,00	744,20	849,70	785,65
7	20	83,48	42,70	3564,60	2020,36	1968,82	2008,14
7	21	75,80	32,80	2486,24	1546,91	1458,45	1483,72
7	22	60,80	28,48	1731,58	1059,78	1101,29	1083,72
7	23	63,00	34,40	2167,20	1239,26	1307,46	1317,93
7	24	59,20	30,80	1823,36	1148,39	1144,72	1133,82
7	25	61,38	28,34	1739,51	1089,02	1105,04	1088,06
7	26	63,90	31,30	2000,07	1267,36	1228,36	1229,14
7	27	56,00	20,60	1153,60	739,34	827,74	758,99
7	28	82,28	42,90	3529,81	2005,29	1952,36	1992,09
7	29	89,58	44,10	3950,48	2164,93	2151,46	2182,33
7	30	51,10	25,40	1297,94	858,10	896,05	841,58
7	31	61,68	33,00	2035,44	1286,82	1245,10	1248,04
7	32	92,00	44,60	4103,20	2398,40	2223,74	2249,30
7	33	65,30	21,48	1402,64	879,91	945,61	900,86
7	34	71,38	34,10	2434,06	1415,65	1433,76	1456,94
7	35	74,70	38,00	2838,60	1792,87	1625,22	1661,18
7	36	67,00	34,38	2303,46	1395,20	1371,95	1389,33
7	37	87,66	39,58	3469,58	2056,83	1923,86	1964,17
7	38	54,00	27,16	1466,64	935,58	975,89	936,84
7	39	70,30	32,40	2277,72	1393,54	1359,77	1375,91
7	40	60,76	26,90	1634,44	1015,60	1055,31	1030,26
7	41	55,00	24,00	1320,00	906,68	906,49	854,11
7	42	52,10	25,48	1327,51	830,30	910,05	858,37
7	43	71,68	29,00	2078,72	1188,38	1265,58	1271,09
7	44	70,50	37,20	2622,60	1453,23	1522,99	1553,10
7	45	66,10	32,36	2139,00	1320,50	1294,11	1303,04
7	46	55,80	31,40	1752,12	1110,41	1111,01	1094,96
7	47	58,80	20,00	1176,00	769,99	838,34	771,87
7	48	64,30	33,00	2121,90	1314,67	1286,02	1294,00
7	49	70,40	35,72	2514,69	1483,01	1471,92	1498,27

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
7	50	59,00	28,58	1686,22	1047,10	1079,82	1058,81
8	1	57,00	26,40	1504,80	879,27	993,95	958,20
8	2	69,20	29,40	2034,48	1232,45	1244,64	1247,53
8	3	76,28	39,30	2997,80	1841,98	1700,57	1739,42
8	4	65,50	30,00	1965,00	1182,53	1211,76	1210,34
8	5	63,00	31,68	1995,84	1186,75	1226,36	1226,88
8	6	50,70	30,00	1521,00	980,18	1001,62	967,25
8	7	73,00	37,30	2722,90	1715,06	1570,46	1603,56
8	8	68,00	35,00	2380,00	1279,72	1408,17	1429,05
8	9	74,68	34,50	2576,46	1486,23	1501,15	1529,72
8	10	74,60	36,60	2730,36	1642,02	1573,99	1607,30
8	11	81,22	39,10	3175,70	1872,43	1784,77	1825,41
8	12	74,60	35,30	2633,38	1479,18	1528,09	1558,55
8	13	63,40	26,28	1666,15	1093,70	1070,32	1047,76
8	14	61,00	30,48	1859,28	1133,96	1161,72	1153,31
8	15	64,84	30,00	1945,20	678,88	1202,39	1199,70
8	16	62,00	31,64	1961,68	1534,49	1210,19	1208,56
8	17	48,00	20,84	1000,32	629,99	755,19	670,20
8	18	50,00	24,00	1200,00	772,40	849,70	785,65
8	19	73,00	32,10	2343,30	1488,46	1390,80	1410,04
8	20	75,00	34,57	2592,75	1682,58	1508,86	1537,99
8	21	64,38	31,20	2008,66	1276,11	1232,42	1233,74
8	22	73,24	32,82	2403,74	1475,58	1419,41	1441,31
8	23	68,00	38,28	2603,04	1626,05	1513,73	1543,20
8	24	65,80	35,00	2303,00	1454,68	1371,73	1389,09
8	25	74,00	32,36	2394,64	1554,35	1415,10	1436,62
8	26	69,00	40,38	2786,22	1807,46	1600,43	1635,18
8	27	57,78	29,00	1675,62	1060,65	1074,80	1052,97
8	28	67,70	34,60	2342,42	1473,88	1390,39	1409,59
8	29	59,00	30,38	1792,42	1103,52	1130,08	1116,97
8	30	56,36	26,34	1484,52	995,08	984,36	946,86
8	31	61,10	30,60	1869,66	1168,93	1166,64	1158,94

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
8	32	73,40	32,40	2378,16	1560,34	1407,30	1428,10
8	33	58,60	29,00	1699,40	1106,13	1086,06	1066,06
8	34	89,00	42,42	3775,38	2256,26	2068,58	2104,17
8	35	83,20	41,22	3429,50	1984,89	1904,89	1945,49
8	36	48,60	24,08	1170,29	758,57	835,64	768,59
8	37	51,00	24,42	1245,42	812,89	871,19	811,64
8	38	57,56	26,18	1506,92	1038,57	994,96	959,39
8	39	71,40	32,12	2293,37	1458,57	1367,17	1384,07
8	40	65,52	26,04	1706,14	1107,41	1089,25	1069,76
8	41	66,18	33,40	2210,41	1388,13	1327,91	1340,67
8	42	74,60	36,22	2702,01	1707,90	1560,58	1593,09
8	43	61,78	28,00	1729,84	1117,85	1100,46	1082,76
8	44	61,00	26,60	1622,60	1101,62	1049,71	1023,71
8	45	58,58	25,68	1504,33	952,26	993,73	957,94
8	46	69,60	36,48	2539,01	1606,93	1483,43	1510,67
8	47	65,00	26,36	1713,40	1226,89	1092,68	1073,75
8	48	67,76	32,40	2195,42	1368,63	1320,82	1332,79
8	49	74,42	32,00	2381,44	1450,70	1408,85	1429,80
8	50	71,30	32,60	2324,38	1463,05	1381,85	1400,22
9	1	48,32	28,40	1372,29	964,98	931,24	883,73
9	2	84,70	37,46	3172,86	1860,71	1783,42	1824,05
9	3	51,80	23,40	1212,12	798,15	855,43	792,59
9	4	55,28	22,86	1263,70	834,26	879,85	822,08
9	5	62,30	31,66	1972,42	1250,21	1215,27	1214,32
9	6	68,62	37,80	2593,84	1572,36	1509,38	1538,54
9	7	79,00	39,12	3090,48	1815,24	1744,43	1784,41
9	8	71,66	25,00	1791,50	1185,84	1129,65	1116,47
9	9	64,14	24,50	1571,43	940,46	1025,49	995,34
9	10	63,70	31,56	2010,37	1250,93	1233,23	1234,65
9	11	55,60	23,70	1317,72	951,41	905,41	852,82
9	12	77,60	36,38	2823,09	1824,52	1617,88	1653,49
9	13	63,30	30,00	1899,00	1214,13	1180,52	1174,80

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
9	14	61,10	31,40	1918,54	1207,64	1189,77	1185,35
9	15	60,80	28,20	1714,56	1096,56	1093,23	1074,38
9	16	58,60	30,00	1758,00	1137,21	1113,79	1098,18
9	17	50,40	24,24	1221,70	789,87	859,97	798,08
9	18	57,60	23,38	1346,69	925,56	919,12	869,24
9	19	56,60	26,68	1510,09	969,69	996,46	961,16
9	20	65,68	30,60	2009,81	1258,92	1232,97	1234,35
9	21	47,26	22,20	1049,17	953,73	778,31	698,62
9	22	64,28	27,20	1748,42	1127,34	1109,25	1092,94
9	23	60,70	30,50	1851,35	1231,98	1157,97	1149,01
9	24	87,50	37,66	3295,25	2008,40	1841,35	1882,35
9	25	71,80	34,40	2469,92	1525,42	1450,73	1475,36
9	26	55,20	27,00	1490,40	1058,13	987,14	950,15
9	27	54,40	29,18	1587,39	1019,14	1033,04	1004,20
9	28	55,70	33,52	1867,06	1198,19	1165,41	1157,53
9	29	72,00	33,16	2387,52	1411,21	1411,73	1432,94
9	30	63,48	29,80	1891,70	1136,44	1177,07	1170,86
9	31	79,74	38,30	3054,04	1936,06	1727,19	1766,77
9	32	52,10	23,00	1198,30	820,73	848,89	784,67
9	33	53,80	24,70	1328,86	885,03	910,69	859,14
9	34	54,82	22,80	1249,90	870,02	873,31	814,20
9	35	62,10	27,40	1701,54	1031,69	1087,07	1067,23
9	36	61,48	32,46	1995,64	1280,33	1226,26	1226,77
9	37	50,30	23,08	1160,92	746,00	831,20	763,20
9	38	52,76	22,74	1199,76	782,32	849,59	785,51
9	39	68,70	31,48	2162,68	1325,78	1305,32	1315,54
9	40	52,00	24,00	1248,00	868,78	872,42	813,11
9	41	56,00	19,18	1074,08	730,54	790,10	713,06
9	42	61,10	27,00	1649,70	974,65	1062,53	1038,68
9	43	51,60	26,62	1373,59	880,53	931,86	884,47
9	44	63,20	31,80	2009,76	1200,60	1232,94	1234,33
9	45	68,00	27,30	1856,40	1120,36	1160,36	1151,75



N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
9	46	78,26	36,46	2853,36	1647,32	1632,21	1668,49
9	47	71,70	32,38	2321,65	1440,17	1380,55	1398,80
9	48	69,10	37,14	2566,37	1575,80	1496,38	1524,60
9	49	67,80	31,78	2154,68	1370,42	1301,53	1311,33
9	50	55,60	32,14	1786,98	1181,90	1127,51	1114,01
10	1	93,30	41,30	3853,29	2618,55	2105,46	2139,13
10	2	72,10	35,60	2566,76	2001,83	1496,56	1524,80
10	3	93,50	41,00	3833,50	2828,25	2096,09	2130,28
10	4	108,60	37,48	4070,33	2882,91	2208,18	2234,98
10	5	94,00	32,48	3053,12	2573,19	1726,75	1766,32
10	6	100,40	36,30	3644,52	2639,09	2006,65	2044,80
10	7	76,60	28,58	2189,23	1966,50	1317,88	1329,53
10	8	80,00	30,18	2414,40	2236,99	1424,45	1446,81
10	9	77,00	33,90	2610,30	2264,36	1517,17	1546,88
10	10	76,56	32,00	2449,92	1932,98	1441,26	1465,09
10	11	85,60	29,22	2501,23	2248,25	1465,55	1491,39
10	12	67,60	26,28	1776,53	1562,65	1122,56	1108,30
10	13	90,00	38,20	3438,00	2677,09	1908,91	1949,45
10	14	87,20	27,00	2354,40	1987,85	1396,06	1415,80
10	15	91,40	28,42	2597,59	2168,46	1511,15	1540,44
10	16	89,70	34,60	3103,62	2369,67	1750,65	1790,75
10	17	88,20	32,32	2850,62	2079,10	1630,91	1667,13
10	18	87,18	32,30	2815,91	2199,43	1614,48	1649,93
10	19	87,08	34,30	2986,84	2328,01	1695,38	1734,07
10	20	91,58	34,70	3177,83	2469,02	1785,77	1826,43
10	21	86,30	38,00	3279,40	2571,58	1833,84	1874,84
10	22	90,60	38,00	3442,80	2586,53	1911,18	1951,69
10	23	84,60	36,00	3045,60	2249,01	1723,19	1762,67
10	24	93,88	39,80	3736,42	2508,31	2050,15	2086,58
10	25	92,70	37,70	3494,79	2675,64	1935,79	1975,88
10	26	80,00	40,00	3200,00	2507,26	1796,27	1837,04
10	27	104,32	35,50	3703,36	2585,31	2034,50	2071,60

N° de árbol	N° de hoja	Largo	Ancho	Largo por ancho	AF <sub>1</sub> (Calculada)	AF <sub>2</sub> (Función lineal)	AF <sub>3</sub> (Función cuadrática)
10	28	102,20	34,00	3474,80	2777,06	1926,32	1966,59
10	29	81,18	32,20	2614,00	2226,47	1518,92	1548,75
10	30	107,80	38,70	4171,86	3108,65	2256,23	2279,05
10	31	90,60	39,00	3533,40	2568,10	1954,06	1993,75
10	32	87,80	28,86	2533,91	1992,50	1481,02	1508,07
10	33	94,60	29,52	2792,59	2253,01	1603,45	1638,35
10	34	85,00	28,74	2442,90	1869,18	1437,94	1461,48
10	35	80,00	34,60	2768,00	2199,89	1591,81	1626,10
10	36	76,78	28,00	2149,84	1753,24	1299,24	1308,77
10	37	69,42	23,20	1610,54	1330,32	1044,00	1017,03
10	38	72,80	24,00	1747,20	1423,56	1108,68	1092,27
10	39	60,40	19,62	1185,05	1146,14	842,62	777,07
10	40	89,20	43,80	3906,96	3040,23	2130,86	2163,04
10	41	68,00	28,80	1958,40	1710,88	1208,64	1206,80
10	42	71,40	26,00	1856,40	1512,83	1160,36	1151,75
10	43	63,00	26,38	1661,94	1354,89	1068,33	1045,44
10	44	76,16	30,50	2322,88	2189,46	1381,14	1399,44
10	45	77,50	25,20	1953,00	1722,42	1206,08	1203,90
10	46	69,18	23,14	1600,83	1402,84	1039,40	1011,65
10	47	73,88	26,76	1977,03	1795,75	1217,45	1216,80
10	48	91,20	31,10	2836,32	2182,71	1624,14	1660,05
10	49	78,00	29,00	2262,00	1957,86	1352,33	1367,70
10	50	50,00	18,60	930,00	957,01	721,91	629,09

Ancho: Ancho de la lámina foliar medido en milímetros.

Largo: Largo de la lámina foliar medido en milímetros.

Largo por ancho: Largo por ancho de la lámina foliar en milímetros.

AF<sub>1</sub>: Área foliar calculada por ImageJ<sup>®</sup> 1.49v, expresada en mm<sup>2</sup>.

AF<sub>2</sub>: Área foliar estimada por la ecuación línea  $y = 281,757 + 0,473284 x$ , donde  $x$  es el largo de la lámina foliar.

AF<sub>3</sub>: Área foliar estimada por la ecuación cuadrática  $y = 63,205 + 0,63066 x - 0,0000238549 x^2$ , donde " $x$ " es el producto del largo por ancho de la lámina foliar.